



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**  
**NÍVEL MESTRADO**



**DAIANY SANTOS SILVA**

**“INDICADORES DAS OSCILAÇÕES DA LINHA DE COSTA NAS PRAIAS DE  
ARACAJU-SE ENTRE OS ANOS 2013-2018 E SUA RELAÇÃO COM AS  
DERIVAÇÕES ANTRÓPOGÊNICAS”**

**SÃO CRISTÓVÃO**

**2019**

**DAIANY SANTOS SILVA**

**“INDICADORES DAS OSCILAÇÕES DA LINHA DE COSTA NAS PRAIAS DE  
ARACAJU-SE ENTRE OS ANOS 2013-2018 E SUA RELAÇÃO COM AS  
DERIVAÇÕES ANTROPOGÊNICAS”**

Dissertação apresentada como requisito para  
obtenção do título de Mestre pelo Programa de  
Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio  
Ambiente da Universidade Federal de Sergipe.

**ORIENTADOR:** Prof. Dr<sup>a</sup> Daniela Pinheiro Bitencurti Ruiz-Esparza

**SÃO CRISTÓVÃO**

**2019**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S586i Silva, Daiany Santos  
Indicadores das oscilações da linha de costa nas praias de Aracaju-SE entre os anos 2013-2018 e sua relação com, as derivações antropogênicas / Daiany Santos Silva ; orientadora Daniela Pinheiro Bitencurti Ruiz-Esparza. – São Cristóvão, SE, 2019.  
107 f. : il.

Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2019.

1. Meio ambiente. 2. Geoprocessamento. 3. Gerenciamento costeiro. 4. Erosão. 5. Costa, Sergipe (SE). I. Ruiz-Esparza, Daniela Pinheiro Bitencurti, orient. II. Título

CDU: 502.1(813.7)(210.5)

**“INDICADORES DAS OSCILAÇÕES DA LINHA DE COSTA NAS PRAIAS DE  
ARACAJU-SE ENTRE OS ANOS 2013-2018 E SUA RELAÇÃO COM AS  
DERIVAÇÕES ANTROPOGÊNICAS”**

Dissertação apresentada como requisito para  
obtenção do título de Mestre pelo Programa de  
Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio  
Ambiente da Universidade Federal de Sergipe.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2019

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Daniela Pinheiro Bitencurti Ruiz-Esparza  
Universidade Federal de Sergipe  
Presidente-orientador

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Rosemeri Melo e Souza  
Universidade Federal de Sergipe  
Examinador Interno

---

Prof. Dr. Marco Túlio Mendonça Diniz  
Departamento de Geografia - CERES – UFRN  
Examinador Externo

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.

---

Daiany Santos Silva  
Programa de Pós-Graduação em  
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA  
Universidade Federal de Sergipe - UFS

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Daniela Pinheiro Bitencurti Ruiz-Esparza  
Programa de Pós-Graduação em  
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA  
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Daniela Pinheiro Bitencurti Ruiz-Esparza  
Programa de Pós-Graduação em  
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA  
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Com amor e gratidão, dedico este trabalho ao meu maior incentivador e parceiro da vida, meu esposo Raimundo.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por cuidar tão bem de mim.

Ao meu esposo, mãe e familiares que mesmo sentindo minha ausência, souberam ser compreensivos e pacientes.

À Prof. Dr<sup>a</sup> Daniela Pinheiro Bitencurti Ruiz-Esparza ou simplesmente Dani, pela orientação, por ser sempre tão positiva e encorajadora.

Aos Prof. Dr. Marco Túlio Mendonça Diniz e Prof. Dr<sup>a</sup> Rosemeri Melo e Souza, por serem tão queridos na qualificação e durante toda minha jornada no mestrado.

Aos amigos da turma, principalmente as meninas do grupo lógica e crítica, pela parceria de sempre. Elaine, Layla, e em especial Rayane que sempre esteve mais pertinho, pela amizade e companheirismo nos momentos de pressão e dificuldades. Jailde, Genisson e Igor, sempre queridos e prestativos. Todos vocês fizeram essa jornada mais leve para mim.

Ao laboratório GeoRioMar, principalmente o Prof. Luiz Carlos da Silveira Fontes, por ceder os equipamentos necessários para o desenvolvimento dessa pesquisa. E aos amigos de laboratório Jonas Ricardo e Cezar Henrique, pelo apoio técnicos e por não me faltarem quando precisei.

Aos parceiros de campo, Icaro, Rayane, Halanna, Barbara, Igor, Pedro, Henrique e Maisa. Vocês foram incríveis e incansáveis. Serei eternamente grata, não seria nada fácil sem a ajuda de vocês.

A professora Prof. Dr<sup>a</sup> Neise Mare, uma linda surpresa em minha vida, pela amizade e por me fazer sentir um desejo genuíno de ensinar.

Ao Prof. Dr. Daniel Gomes pelas imagens de Drone, que foram fundamentais para ilustração da linha de costa de Aracaju neste trabalho.

A coordenação e ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe. Em especial a Prof. Dr<sup>a</sup> Maria José e a secretária Luzia, por serem sempre queridas e prestativas quando precisei resolver problemas burocráticos.

À Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe – FAPITEC/SE, pela concessão da bolsa de mestrado.



Por fim, sou muito grata e minha gratidão abriga muitos nomes. Todos que passaram pela minha vida, de alguma maneira me ajudaram a crescer e deixaram um pouquinho de si em mim. Uma dissertação de mestrado não é fruto apenas do conhecimento intelectual e acadêmico, é preciso ser resistente, ter inteligência emocional, superar adversidades e essas competências são desenvolvidas ao longo de toda a vida. Então...

MUITO OBRIGADA! Meu povo, meu país, minhas raízes.... Pelo que sou e por tudo que vier a ser...

*“Não há alternativa, é a única opção. Unir o otimismo da vontade e o pessimismo da razão. Contra toda expectativa, contra qualquer previsão. Há um ponto de partida, há um ponto de união: Sentir com inteligência, pensar com emoção”.*

*Humberto Gessinger*

## RESUMO

As constantes mudanças nas zonas costeiras provocam ajustes Morfodinâmicos da linha de costa que resultam de processos naturais e humanos. Esta dissertação enfatiza as praias do município de Aracaju, localizadas no litoral central do Estado de Sergipe – Brasil, possuem aproximadamente 24 km de linha de costa e representam a parte mais peculiar do litoral de Sergipe por ser a porção mais urbanizada e com consequentes impactos decorrentes das ações humanas, mas ainda possui trechos bem conservados em comparação a outras capitais do Nordeste Brasileiro. Portanto, o objetivo principal desta pesquisa é avaliar a evolução espaçotemporal (2013-2018) da linha de costa de Aracaju, abordando as derivações antropogênicas ocorridas na área. A metodologia da pesquisa foi qualificada como do tipo quantitativo e qualitativo, por conter informações sobre a disposição do meio físico e antrópico, e possuir caráter exploratório que compreenda as causas e efeitos dessa relação nas praias. Essa abordagem tem como princípio fundamental, uma visão integrada e interdisciplinar da problemática em questão. A pesquisa foi realizada em 5 etapas principais: levantamento bibliográfico, trabalhos de campo, elaboração e análise de banco de dados, diagnóstico da evolução com elaboração de produtos cartográficos e avaliação das correlações dos produtos com as derivações antropogênicas do litoral. O mapeamento foi realizado com auxílio da tecnologia do GPS TRIMBLE R6, que possibilitou o trabalho com dados com alta resolução e precisão, a delimitação da linha de costa no campo se deu através de geoindicadores, sendo os principais a escarpa de praia e a linha de preamar. Atribuíram-se a linha de costa três classes conforme os processos indicados nos trechos, sendo eles: progradação, equilíbrio dinâmico e erosão. Portanto, foi diagnosticado que 46% das praias do litoral de Aracaju estão em processo progradacional, 46% em equilíbrio e 8% em erosão. Evidenciou-se que os processos mais significativos de erosão e progradação se encontram mais ao norte, e estão relacionados a desembocadura do rio Sergipe. Com avanço da linha de costa de até 227 m e recuo de até 20 m em cinco anos. Em 2018 apenas 15% das praias foram mapeadas através do geoindicador escarpa de praia, contra 54% em 2013. Essa mudança na morfologia das praias reflete sua tendência geral, que é equilibrado e progradacional. Além disso, o estudo mostra que as oscilações da linha de costa também sofrem influência direta das derivações antropogênicas, principalmente as relativas ao crescimento urbano e obras de proteção costeira implementadas. Os dados gerados alinhados as últimas pesquisas desenvolvidas na área, deixam claro o panorama de instabilidade e consequente riscos socioambientais, fortalecendo a importância de um monitoramento contínuo para o gerenciamento efetivo do litoral Aracajuano.

Palavras-Chave: Praia; Geoprocessamento; Erosão; Progradação; Litoral

## ABSTRACT

Changes in coastal zones cause constant morphodynamic adjustments of the shoreline resulting from natural and human processes. This thesis emphasizes the beaches of the municipality of Aracaju, located on the central coast of the State of Sergipe - Brazil, which have approximately 24 km of shoreline and represent the most odd part of the coast of Sergipe as the portion is the most urbanized and with consequent impacts resulting from human actions, but still possess well preserved stretches compared to other capitals of the Brazilian Northeast. Therefore, the objective of this study is to evaluate the time space evolution (2013-2018) of the Aracaju shoreline, addressing the anthropogenic derivations occurred in the area. The research methodology was qualified as a quantitative and qualitative type, since it contains information about the physical and anthropic environment, and has an exploratory character that understands the causes and effects of this connection in the beaches. This approach has as fundamental principle, an integrated and interdisciplinary vision of the problematic in question. The research was carried out in 5 main steps: bibliographical survey, fieldwork, elaboration and analysis of database, diagnosis of evolution with elaboration of cartographic products and evaluation of the correlations of products with the anthropogenic derivations of the coast. The mapping was carried out with the help of GPS TRIMBLE R6 technology, which enabled the work with data along with high resolution and precision, the delimitation of the shoreline in the field was given through geointicators, being the principals, the beach erosion scarp and the line of hightide. The coast line was assigned with three classes according to the processes indicated in the excerpts, being them: progradation, dynamic balance and erosion. Therefore, it was diagnosed that 46% of the beaches in the Aracaju coast are in a progradational process, 46% in equilibrium and 8% in erosion. It was evidenced that the most significant processes of erosion and progradation are found to the north and are related to the mouth of the Sergipe river. With advancement of the shoreline of up to 227 m and retreat of up to 20 m in 5 years. In 2018 only 15% of the beaches were mapped through the geointicator beach erosion scarp, compared to 54% in 2013. This change in beach morphology reflects its overall trend, which is balanced and progradational. In addition, the study shows that the shoreline oscillations are also directly influenced by anthropogenic derivations, especially those related to urban growth and coastal protection works implemented. The data generated in line; with the latest research developed in the area, make clear the scenario of instability and consequent socio-environmental risks, strengthening the importance of continuous monitoring of the shoreline for the effective management of Aracaju's coast.

Key words: Beach; Geoprocessing; Erosion; Progradation; Coast.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama geral do perfil de praia.....	24
Figura 2 - Esboço da Relação espacial dos indicadores de linha de costa mais utilizados por pesquisadores .....	26
Figura 3 - Região de Fortaleza com enfoque para a praia do Futuro.....	28
Figura 4 - Variação do PDOP em função da geometria dos satélites .....	34
Figura 5 - Mapa de localização .....	38
Figura 6 - Esquema da evolução paleogeográfica Quarternário de Sergipe.....	42
Figura 7 - Micro escarpa, utilizada como indicador da linha de costa.....	44
Figura 8 - Interface areia seca/molhada .....	44
Figura 9 - Par de equipamentos com Base e Rover da Trimble .....	46
Figura 10 - Processamento de ajuste de base no TBC .....	48
Figura 11 - Processamento de ajuste das coordenadas de campo .....	49
Figura 12 -Gráfico de indicadores da linha de costa de Aracaju/SE, mapeados em março de 2013 .....	53
Figura 13 - Indicadores da linha de costa das praias de Aracaju/SE, mapeados em 2013 .....	54
Figura 14 - Indicadores da linha de costa das praias de Aracaju/SE, mapeados em 2018 .....	56
Figura 15 - Comparação em percentuais dos indicadores da linha de costa, usados em 2013 e 2018 .....	58
Figura 16 - Mapa comparativo dos geoindicadores da linha de costa usados em 2013 e 2018...	60
Figura 17 - Praia de Atalaia, (A) sentido S-N e (B) sentido N-S.....	61
Figura 18 - Dunas escarpadas, praia do Refúgio .....	62
Figura 19 -Rodovia José Sarney, parcialmente destruída na praia do Mosqueiro .....	63
Figura 20 - Praia da Coroa do Meio, sentido N-S .....	63
Figura 21 - Gráfico de situação resultante das oscilações da linha de costa entre os anos 2013 e 2018 .....	66
Figura 22 - Mapa de situação da linha de costa no litoral de Aracaju .....	67

Figura 23 - Imagem representativa da distância máxima em metros entre as linhas de costas dos anos 2013 e 2018 no litoral de Aracaju .....	69
Figura 24 - Comparação das linhas de costa geradas sobre as imagens do Google Earth dos anos 2011 e 2013 .....	70
Figura 25 - Fotos da destruição de bares e barracas na praia dos Artistas na Coroa do Meio .....	70
Figura 26 - Recuperação da faixa de areia em um ponto da praia dos Artistas na Coroa do Meio .....	71
Figura 27 - Imagem representativa da distância máxima em metros entre as linhas de Costa referentes aos anos 2013 e 2018 para o trecho P4-P5 indicador da linha de Costa .....	73
Figura 28 - Imagem demonstrativa para a localização dos trechos P6-P7 e P8-P9 na praia do Mosqueiro .....	74
Figura 29 - Sentido do transporte médio líquido de sedimentos e as principais zonas de erroão (Círculos vermelhos) no litoral do município de Aracaju, Sergipe .....	75
Figura 30 -Imagem representativa da distância máxima em metros entre as linhas de costa referente aos anos 2013 e 2018 para o trecho entre P2-P3.....	76
Figura 31 - Imagem demonstrativa da localização da isóbada de 5,22m no mapa de situação entre os trechos P2-P3 na praia de Atalaia. ....	76
Figura 32 - Imagem demonstrativa da localização da zona de divergência na direção do transporte de sedimentos no mapa de situação entre os trechos P2-P3 na praia de Atalaia .....	77
Figura 33 - Imagem demonstrativa para a localização dos trechos P9-P10 na praia do Mosqueiro .....	78
Figura 34 - Visão aérea do trecho P5-P6, praias em equilíbrio .....	79
Figura 35 - Evolução da área das unidades da paisagem da Cora do Meio e Atalaia, entre os anos 1955 a 2008. ....	82
Figura 36 - Tipos de obras de proteção costeira.....	86
Figura 37 - Esporões do litoral de Aracaju.....	87

Figura 38 -Período de maior crescimento da urbanização dos bairros Coroa do Meio e Atalaia .....	89
Figura 39 - Fases de implantação do Projeto de Urbanização para Coroa do Meio.....	90
Figura 40 - Episódios severos de erosão na praia dos Artistas e Atalaia, entre 2007 e 2008 .	92
Figura 41 - Ocupação da Zona de expansão de Aracaju.....	93
Figura 42 - Intervenções na praia do Mosqueiro, margem esquerda do rio Vaza-Barris .....	94
Figura 43 - Avanço da linha de costa na praia de Atalaia/Aracaju-SE .....	95

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Indicadores de erosão costeira.....	29
Tabela 2 - Fatores e causas antrópicas da erosão .....	30
Tabela 3 - Geoindicadores de avaliação de comportamento da linha de costa .....	57
Tabela 4 - Tabela de situação e valores de extensão e área dos trechos mapeados .....	68
Tabela 5 - Causas antrópicas da erosão, efeitos e processos associados .....	80
Tabela 6 - Vazão média do rio Sergipe nas proximidades das desembocaduras .....	84
Tabela 7 - Escalas temporais de ocorrência de alterações costeiras .....	96



**LISTA DE SIGLAS**

ANA	Agência Nacional de Águas
ADEMA	Administração Estadual do Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMURB	Empresa Municipal de Obras e Urbanização
GERCO	Programa de Gerenciamento Costeiro
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MMA	Ministério do Meio Ambiente
SEMARH	Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SRHSE	Secretaria de Recursos Hídricos de Sergipe

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa .....</b>	<b>21</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>22</b>
1.2.1	Objetivo Geral .....	22
1.2.2	Objetivo Específicos.....	22
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1</b>	<b>Ambiente Praial.....</b>	<b>23</b>
2.1.1	Linha de Costa.....	25
<b>2.2</b>	<b>Erosão e Progradação .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3</b>	<b>Atividades Antrópicas.....</b>	<b>30</b>
<b>2.4</b>	<b>Geotecnologias .....</b>	<b>32</b>
<b>2.5</b>	<b>Trabalhos Relacionados.....</b>	<b>35</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1</b>	<b>Localização da Área de Estudo .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2</b>	<b>Caracterização do Clima .....</b>	<b>39</b>
<b>3.3</b>	<b>Caracterização da Hidrografia .....</b>	<b>39</b>
3.3.1	Vaza Barris .....	40
3.3.2	Rio Sergipe .....	40
<b>3.4</b>	<b>Caracterização da Geologia e Geomorfologia .....</b>	<b>41</b>
<b>3.5</b>	<b>Critérios para Delimitação da Linha de Costa .....</b>	<b>43</b>
<b>3.6</b>	<b>Levantamento e Análise de Campo .....</b>	<b>45</b>
3.6.1	Campanha 2013.....	46
3.6.2	Campanha 2018.....	47

<b>3.7</b>	<b>Diagnóstico e Elaboração de Produtos .....</b>	<b>47</b>
<b>3.8</b>	<b>Derivações Antropogênicas .....</b>	<b>50</b>
<b>4</b>	<b>INDICADORES DA LINHA DE COSTA DE ARACAJU .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>A Escolha da Linha de Controle .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2</b>	<b>Indicadores da Linha de Costa de Aracaju .....</b>	<b>52</b>
4.2.1	Cenário 2013 .....	52
4.2.2	Cenário 2018 .....	55
<b>4.3</b>	<b>Geindicadores da Linha de Costa <i>Ves</i>us Geoindicadores de Erosão Costeira .</b>	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>AS OSCILAÇÕES DA LINHA DE COSTA .....</b>	<b>65</b>
<b>5.1</b>	<b>Situação da Linha de Costa de Aracaju .....</b>	<b>65</b>
<b>5.2</b>	<b>Progradação .....</b>	<b>68</b>
5.2.1	Trecho P1-P2 .....	68
5.2.2	Trecho P4-P5 .....	72
5.2.3	Trecho P6-P7 & P8-P9 .....	73
<b>5.3</b>	<b>Erosão .....</b>	<b>74</b>
5.3.1	Trecho P2-P3 .....	75
5.3.2	Trecho P9-P10 .....	78
<b>5.4</b>	<b>Equilíbrio Dinâmico .....</b>	<b>78</b>
<b>6</b>	<b>DERIVAÇÕES ANTROPOGÊNICAS NO LITORAL ARACAJUANO .....</b>	<b>80</b>
<b>6.1</b>	<b>Tipos de Intervenções e suas Principais Consequências .....</b>	<b>80</b>
6.1.1	Ocupação do Litoral .....	81
6.1.2	Barragens .....	83
6.1.3	Obras de Proteção Costeira .....	85
<b>6.2</b>	<b>Dinâmica de ocupação das praias aracajuana .....</b>	<b>87</b>

<b>6.3</b>	<b>As Oscilações da Linha de Costa das praias de Aracaju: O caso praia de Atalaia</b>	
	.....	<b>94</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>98</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>101</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Por milênios, de forma lenta e sistemática o homem modificou a paisagem natural, erguendo vilas e cidades, construindo açudes ou pequenas barragens, desmantando florestas para a produção agrícola. No entanto, foi principalmente com a explosão demográfica a partir do século XIX e intensivo processo de urbanização que os problemas se intensificaram, nesse contexto as novas tecnologias industriais aumentaram a demanda por recursos minerais e energéticos. Foi também nesse espaço temporal que surgiram as tecnológicas capazes de realizar as primeiras transformações antrópicas na geologia da terra, como a artificialização da linha de costa, reorientação de cursos fluviais e modificação da geomorfologia para a urbanização.

As paisagens litorâneas atraem e concentram um grande número de pessoas no mundo inteiro. O litoral se tornou nas últimas décadas um atrativo para banhistas e veranistas. As zonas costeiras correspondem a cerca de 15% da superfície terrestre e pelo menos dois terços da população mundial vivem nesse ambiente (SOLZA, 2005). Porém, nem sempre foi assim, segundo Andrade (2015), em meados do século XVI, o mar era temido, tido como detentor de monstros marinhos que engoliam embarcações e atacavam barcos. O ambiente da praia era utilizado apenas para fins comerciais e militares. Hoje as praias urbanas, incluindo as brasileiras, são espaços públicos de grande potencial para essa interação através das diversas atividades exercidas num pluralismo sociocultural.

A zona costeira é caracterizada por sua dinâmica e complexidade dos elementos que a compõem. No Brasil, a zona costeira é estabelecida como patrimônio nacional na Constituição Federal e compreende uma faixa terrestre de mais de 8.500 km, considerando baías e reentrâncias, voltados para o Oceano Atlântico. A valorização das praias como ambiente de lazer e entretenimento nas últimas décadas, tem ampliado sua ocupação e aumentado a especulação imobiliária, potencializando assim a complexidade territorial dessa estreita faixa de terra entre o mar e o continente (FONSECA, 2010).

A região Nordeste do Brasil é composta por 9 estados: Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco (incluindo Fernando de Noronha), Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão. Todos costeiros e somados oferecem aproximadamente 3.400 km de linha de costa. As praias da região Nordeste são um dos principais destinos turísticos do país, recebe turistas de todos os estados do Brasil e do mundo. É o terceiro lugar entre as cinco Grandes Regiões do Brasil, atrás das regiões Norte e Centro-Oeste em extensão territorial. Sua diversidade dos

regimes hidrológicos dos rios nordestinos advém das diferentes condições pluviométricas, das diversas características física (IBGE, 2016).

O estado de Sergipe, tem área de 2.015 km<sup>2</sup> e população estimada em 2.265.779 habitantes (IBGE, 2016), seu litoral possui cerca de 163 km de extensão e de acordo com GERCO (Programa de Gerenciamento Costeiro) é subdividido em litoral Norte, Centro e Sul (MMA, 1995). As praias localizadas na porção central são o objeto de estudo dessa pesquisa. O litoral Centro (praias de Aracaju) é a área mais urbanizada e de maior densidade demográfica de Sergipe, embora seja a de menor extensão territorial com aproximadamente 174,053 km<sup>2</sup>.

A característica dinamicidade do ambiente costeiro, lhe confere vulnerabilidade as formas de uso e ocupação antrópica, aumentando a demanda por estratégias que levem em consideração a capacidade de suporte de seu sistema natural (MUEHE, 2013). Segundo Nordstrom (2010), a atividade humana de ocupação da beira-mar por edificações e infraestrutura, associadas a erosão progressiva das praias, pode reduzir ou causar perda total do ambiente praial.

Para Muehe (2001), os constantes problemas enfrentados pelo avanço da urbanização sem se preocupar com balanço sedimentar e ambientes que deveriam ser preservados, demonstram como a preocupação com o uso e ocupação de forma planejada é um fenômeno recente no Brasil e ainda estamos longe de atingir o objetivo de realizar na prática, aquilo que se propõe. Portanto, é importante destacar a relevância de estudos que realizem um monitoramento contínuo do comportamento da linha de costa, para fornecimento de dados que auxiliem as estratégias de conservação da sua capacidade de suporte, frente os avanços das intervenções decorrentes do processo de urbanização do litoral.

O trabalho intitulado *Indicadores das Oscilações da Linha de Costa de Aracaju-SE entre os anos 2013-2018 e sua Relação com as Derivações Antropogênicas*, tem as praias de Aracaju/SE como objeto de estudo, integrando não só a dinâmica natural da paisagem, mas também o social, a partir de uma abordagem interdisciplinar, que aponta o homem como agente transformador do meio, que modifica os sistemas costeiros de acordo com suas necessidades e interesses.

Para tal, o presente trabalho foi dividido em 7 capítulos. No capítulo 1 é possível obter um panorama geral da pesquisa com caráter introdutório, destacando os objetivos norteadores da pesquisa, resumo dos trabalhos desenvolvidos na área estudada e justificativas do tema.

O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, requisito norteador da pesquisa com os principais conceitos e definições sobre praias, linha de costa, erosão/progradação da linha de

costa e abordagem a respeito das possíveis consequências das atividades antrópicas nesses ambientes.

O capítulo 3 refere-se a metodologia do trabalho, que inicialmente apresenta a localização geral da área de estudo, apresentando suas principais características, como as delimitações físicas, climáticas, hidrológicas, geológicas e geomorfológicas. Refere-se também aos procedimentos metodológicos da pesquisa para o desenvolvimento das atividades de levantamento bibliográfico, trabalho de campo, realizado para a coleta de dados, análise dos dados para diagnósticos.

O capítulo 4 apresenta os indicadores da linha de costa utilizado nos anos de 2013 e 2018

O capítulo 5 discorre sobre os resultados referente a situação da linha de costa de Aracaju.

Os capítulos 6 diz respeito as principais intervenções realizada no litoral de Aracaju nas últimas décadas. Por fim, o capítulo 7 encerra o texto dissertativo com as considerações finais.

### **1.1. Justificativa**

Por se tratar de ambientes recentes e não consolidados, do ponto de vista geológico, a planície costeira de Aracaju possuem ambientes muito frágeis, a exemplo dos campos de dunas, cordões litorâneos, mangues e lagoas. Que têm sido subtraídos pela pressão da urbanização não planejada da área.

Sabe-se que a ocupação do ambiente praial por edificações ou outras estruturas dificulta a sedimentação, acabam impedindo a manutenção do equilíbrio sedimentar natural das praias. Segundo Mota (2016), o rápido e contínuo crescimento urbanístico da cidade de Aracaju tem um papel determinante para as mudanças ambientais na área, a diminuição de áreas de manguezais e pavimentação de ambientes estuarinos do rio Sergipe, deram espaço a construções, impactando a dinâmica da foz do rio Sergipe e consequentemente potencializam os riscos inerentes a erosão nas praias de Aracaju.

A orla de Atalaia, por exemplo, oferece uma diversidade de atrativos turísticos de lazer, como: restaurantes, quadras de esporte, parques infantis, bares, ciclovias, Oceanário, lagoas, centro de cultura e artesanato, pista de skate e patins. Também dispõe de uma ampla estrutura para hospedagens de pequeno, médio e grande porte. Assim, podemos supor que qualquer mudança brusca na dinâmica local que possa causar erosão nas praias, vai impactar diretamente a vida de pessoas que moram na região e o potencial turístico da cidade.

A partir deste cenário podemos identificar a importância de estudos nas praias de Aracaju/SE, pois estas unidades já sofreram forte erosão em alguns setores nos últimos anos.

Os bairros de Atalaia e Coroa do Meio, situados na margem direita da desembocadura do rio Sergipe, são áreas de riscos devido a elevada dinamicidade decorrentes da confluência dos agentes fluviais e marinhos. Nos anos de 2007, 2008 e 2012 essa região foi alvo de eventos erosivos, que destruíram bares e restaurantes, acarretando em sérios prejuízos socioeconômicos para empresários e banhistas (JUSUS, 2016).

O interesse pela pesquisa surgiu a partir do entendimento da necessidade e importância do monitoramento da linha de costa, com propósito de reunir e organizar um conjunto de dados posicionais consistentes, para compreender a evolução (física) do cenário, e os processos de organização e atividades desenvolvidas na área (sociais) em determinado intervalo de tempo e espaço (2013-2018).

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Avaliar os indicadores das oscilações da linha de costa (LC) nas praias de Aracaju/SE, entre os anos 2013 e 2018, discutindo as derivações antropogênicas ocorridas na área.

### **1.2.2 Objetivo Específicos**

- I. Fazer uma análise multitemporal das linhas geradas em 2013 e 2018, para classificar áreas de erosão ou equilíbrio dinâmico ou progradação.
- II. Caracterizar os indicadores da linha de costa utilizados no mapeamento.
- III. Discorrer acerca da evolução recente do litoral aracajuano, suas principais intervenções e derivações antropogênicas



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Ambiente Praial

Segundo King (1972), a praia é uma unidade sedimentar do ambiente costeiro que tem como limite externo em direção ao mar (*offshore*) a profundidade necessária para que as ondas movimentem os sedimentos sobre o fundo e interno, em direção ao continente (*onshore*) no limite da ação das ondas de tempestade, essa região tem composição variada, predominantemente composta de areia.

Para Komar (1976), a praia limita-se em direção a costa do nível médio de maré baixa até alguma feição fisiográfica como campos de dunas, falésia ou vegetação permanente. São constituídas por sedimentos inconsolidados de granulometria variada, como seixos, cascalhos e areia.

Hardisty (1990), define praia como um sistema ortogonal com acumulações de sedimentos costeiros não coesos, controlados por ondas.

Brown et al (1991), delimita o ambiente praial entre pontos submersos anteriores a zona de arrebentação, fora da ação de seleção e mobilização das ondas até as escarpas à retaguarda do ambiente e/ou faixa de dunas.

“As praias podem ser genericamente definidas como depósitos de matérias inconsolidado, formados na interface entre a terra e o mar, sob a ação de agentes como as ondas, as correntes, as marés e os ventos” (Silva, 2008 *Apud* Suguio, 1992), entre a linha média da baixa mar até uma feição fisiográfica como campos de dunas, vegetação permanente e falésia.

De maneira geral não existe uma uniformidade para designar os subambientes praias e seus limites que podem ser definidos a partir da ação das ondas (zona de arrebentação, surfe e espraçamento), dos sedimentos (berma, face de praia, barras de espraçamento, barras longitudinais) e morfologia (duna, pós-praia, praia ou estirâncio e antepraia). Só existe concordância para os termos pós-praia ou *backshore*, definido pela região que se estende a partir do fim da zona de espraçamento em direção a terra (SANTOS, 2004). No entanto, nesse trabalho foi utilizado o perfil proposto por Albino (1999), que apresentou um perfil transversal à linha de costa com os subambientes: e suas as principais características destes subambientes. (Figura 1):

Figura 1- Diagrama geral do perfil de praia.



Fonte: Extraído de Albino, 1999, adaptação de Davis, 1985

**Pós-praia (*Backshore*):** Define-se a parte da praia com presença de água durante as tempestades, acima do nível de maré alta, limitando-se até uma mudança abrupta na inclinação da crista de berma. Região praticamente plana de inclinação suave denominado berma, podendo conter mais de uma berma se paradas por uma escarpa em níveis levemente diferentes (ALBINO, 1999).

**Zona de Espraimento (*Swash Zone*):** Região da praia delimitada entre a máxima e mínima incursão dos vagalhões sobre a face praial. Os processos de espraimento são responsáveis pelo transporte de sedimentos, onde o fluxo e refluxo dos vagalhões determinariam, em última estância, se o sedimento seria armazenado na praia, ou retornado à zona de surfe. Uma feição característica dessa região são as cúspides<sup>2</sup> (ALBINO, 1999).

**Antepraia Superior (*Foreshore*) ou Estirâncio:** Região entre a altura máxima de maré alta e mínima de maré baixa. Constitui a face da praia (*shoreface*), que é uma seção inclinada da praia onde ocorre o espraimento, tipicamente marcada por apresentar sedimentos mais grossos (ALBINO, 1999)

**Antepraia Inferior (*Nearshore*):** Região submersa entre o nível de maré baixa até os bancos de areia, caracterizada pelos processos da zona de arrebentação e de surfe. Região mais plana e mais distante da costa do perfil (ALBINO, 1999). Komar (1976), utilizou o termo *offshore* para essa zona.

A compartimentação em zonas utilizado para definição da linha de costa nesse estudo foi o pós-praia, seus processos de degradação associada a dinâmica do litoral em questão foram pormenorizadas nos próximos capítulos com a apresentação dos principais vetores das oscilações da linha de costa de Aracaju.

### 2.2.1 Linha de Costa

Segundo Santos (2004), não existe um consenso dos autores quanto as definições e divisões na zona costeira, hora os termos são usados como sinônimos, hora com outro sentido.

Bird (1970), delimita a linha de costa (*coastline*) como a zona entre o limite de ação das ondas e a margem da água da maré baixa. E a linha de praia (*shoreline*) é estritamente a margem da água de acordo com a maré.

Para Thurman (1994), a linha de praia (*shoreline*) é estritamente a oscilação da margem da água de acordo com a maré.

Segundo Muehe (1995), a linha de praia (*shoreline*) muda de acordo com a maré, tendo como limite a máxima de maré alta.

Morton (1997), associa a linha de costa às feições de praia a exemplo da escarpa de erosão, crista de berma e linha de vegetação, delimitada com a utilização de GPS (*Global Positioning System*). Para ele as delimitações estabelecidas por fotografias aéreas pela linha d'água são pouco confiáveis para indicativo de variações da linha de costa porque podem sofrer variações sazonais, locais e das marés.

Suguio (1998), destacou a linha de costa (*coastline ou shoreline*) como sinônimos de linha praial (*shoreline*) definindo-a como sendo aproximadamente a linha de costa da maré mais alta com o continente com o litoral em questão.

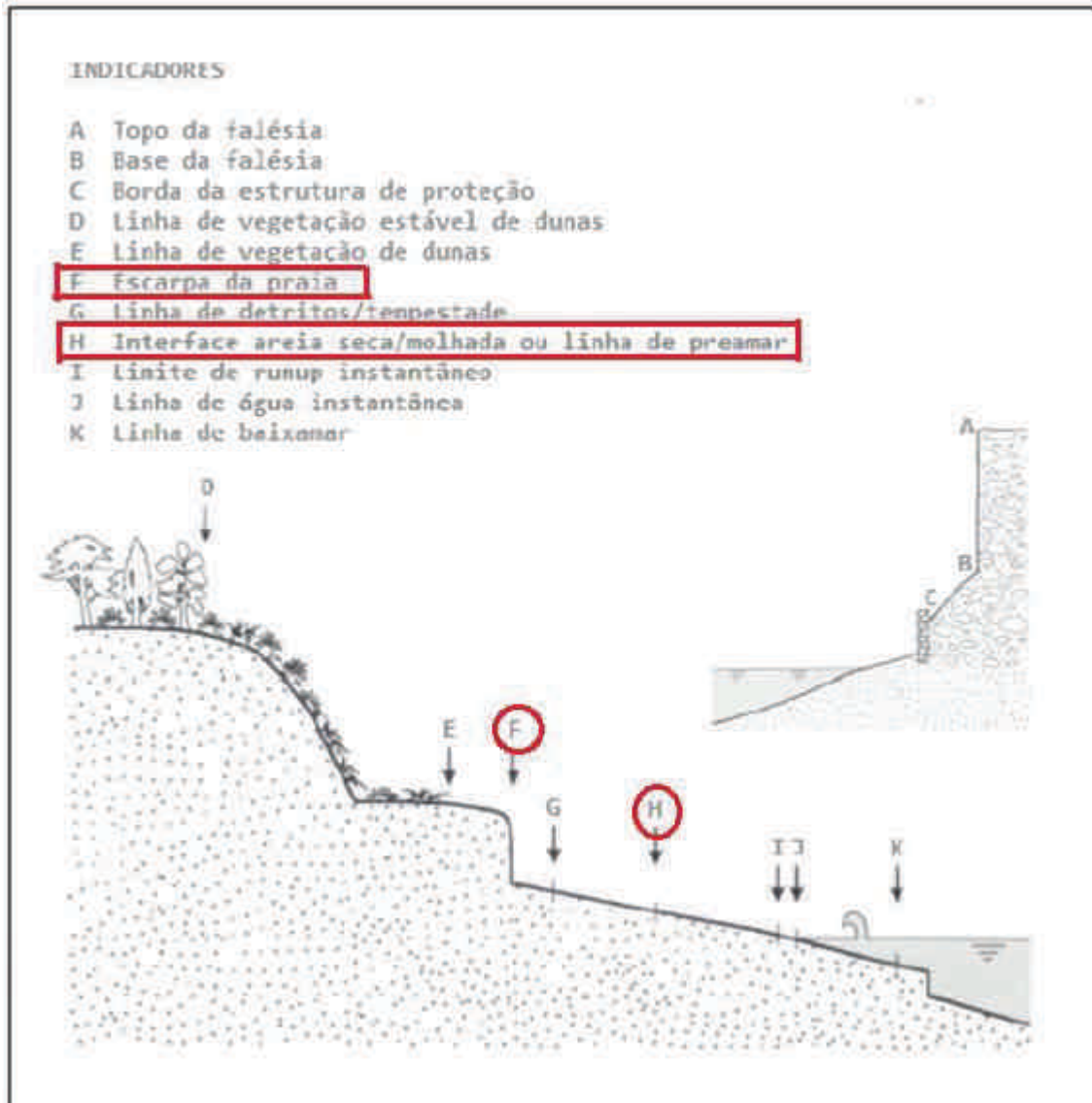
De acordo com Blanc (2000) a zona costeira é especial por apresentar complexidade de situações, definidas por características próprias e seus limites podem ser definidos arbitrariamente por contextos jurídicos e administrativos.

Pela dificuldade em definir a linha de costa ideal, pesquisadores adotam o uso de indicadores da linha de costa com propósitos práticos (Boak & Turner 2005). Esses Indicadores podem ser feições geomorfológicas, ou elevações verticais específicas, que representem a posição da linha de costa. Os indicadores mais utilizados por pesquisadores apresentados por Boak & Turner (2005), são (Figura 2):

- Linha de preamar (HWL – “*High Water Line*”)
- Linha de espraiamento das ondas,
- Escarpa da praia,
- Linha de detritos (tempestades)
- Linha de contorno da vegetação da praia

- A média de maré mais alta (MHWL – “*Mean High Water Line*”) mais utilizada em cartas náuticas.

Figura 2- Esboço da relação espacial dos indicadores de linha de costa mais utilizados por pesquisadores.



Fonte: Adaptado de Boak & Turner, 2005.

Alguns desses indicadores, como a linha de preamar e a linha de baixamar, precisam estar referidos no tempo e no espaço por causa de suas inerentes mudanças, já outros, como é o caso da linha de contorno da vegetação, escarpa da praia e linha de detritos são sazonais e/ou descontínuos, variando de acordo com a geomorfologia da praia. Estes últimos devem ser aplicados em praias específicas, onde suas marcas permanecerem nítidas (Rocha *et al.* 2009).

Portanto, dados todos os conceitos, foi adotado nessa pesquisa o proposto por Bird (2008), que delimita novamente linha de costa (*coastline*) até o limite máximo de ação das ondas em maré alta, que pode ser na base de falésias ou no limite do aparecimento de dunas ou ainda até o limite de terras secas (*dry land*). Sendo a linha de praia a linha instantânea até onde as águas alcançam.

Também foram utilizados os indicadores da linha de costa propostos por Boak & Turner (2005), que facilitaram e objetivaram a delimitação da linha de costa nas praias de Aracaju durante o trabalho de campo. Sendo assim, os indicadores utilizados foram a escarpa de praia (baseado em Boak & Turner, 2005) quando esta existia e na inexistência da escarpa de praia, a delimitação foi a linha máxima de água como pode ser visualizado em destaque na (Figura 2).

## 2.2 Erosão e Progradação

A praia é a primeira unidade geomorfológica da zona costeira a reagir a degradação ambiental e as mudanças energética e/ou eustática. Essa unidade tem a capacidade de adaptação, minimizando a ação erosiva do mar. Porém, a degradação ambiental pela supressão da vegetação costeira, dunas frontais e construção de edificações sobre a orla, tem interferido no processo de transporte sedimentar, eólico e marinho, provocando desequilíbrio no balanço sedimentar e consequentemente na estabilidade da linha de costa (MUEHE, 2001). Esse desequilíbrio é uma motivação para a ocorrência de erosão, trazendo sérios prejuízos socioeconômicos para as cidades litorâneas.

De maneira geral as variações morfológicas da praia estão diretamente associadas ao déficit ou manutenção de seu estoque de sedimentos. De acordo com os típicos ciclos sazonais, no verão quando as condições são de calmaria ocorre acreção e no inverno quando as condições são de maior energia ocorre erosão (SANTOS, 2004).

Sobre o balanço sedimentar, é importante destacar aqui, o papel fundamental das dunas costeiras nesse processo. São responsáveis pela regulação natural e controle dos processos deposicionais e erosivos no ambiente de praia. Segundo Nordstrom (2010), as dunas trocam sedimentos com a praia durante a erosão da duna por ondas de ressaca e transporte de areia da praia pelos ventos fortes. A Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 341, de 25 de setembro de 2003, expõe a função fundamental das dunas na dinâmica da zona costeira, na formação de processos aquíferos e controle dos processos erosivos (regulariza a linha de costa).

Farias (2008), mostrou através análise comparativa de imagens dos anos 1968 e 2004 da praia do futuro em Fortaleza/CE, que o uso e ocupação de um extenso campo de dunas, responsável pelo abastecimento do litoral com sedimentos, intensificou a erosão costeira na região (Figura 3).

Figura 3 – Região de Fortaleza com enfoque para a praia do Futuro



(A) Praia do Futuro, 1968



(B) Praia do Futuro, 2004.

Fonte: Farias (2008).

“Cerca de 20% das linhas de costa de todo o planeta são formadas por praias arenosas, das quais 70% estão em processo predominante de erosão, 20% em progradação e os restantes 10% encontram-se em equilíbrio relativo” (Bird 1985,1999 *apud* Souza et al 2005, p 139). Souza et al (2005), apresentam uma tabela dos principais indicadores de erosão costeira no Brasil (Tabela 1).

Tabela 1- Indicadores de erosão costeira.

<b>Indicadores de Erosão Costeira</b>
<b>I</b> Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação pelas preamares de sizígia (praias urbanizadas ou não).
<b>II</b> Retrogradação geral da linha de costa nas últimas décadas, com franca diminuição da largura da praia, em toda a sua extensão ou mais acentuadamente em determinados locais dela (praias urbanizadas ou não).
<b>III</b> Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, sem o desenvolvimento de falésias (praias urbanizadas ou não).
<b>IV</b> Intensa erosão de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, provocando o desenvolvimento de falésias com alturas de até dezenas de metros (praias urbanizadas ou não).
<b>V</b> Destruição de faixas frontais de vegetação de “restinga” ou de manguezal e/ou presença de raízes e troncos em posição de vida soterrados na praia, causada pela erosão acentuada ou o soterramento da vegetação devido à retrogradação/migração da linha de costa sobre o continente.
<b>VI</b> Exumação e erosão de depósitos paleolagunares, turfeiras, arenitos de praia, depósitos marinhos holocênicos e pleistocênicos, ou embasamento sobre o estirâncio e/ou a face litorânea atuais, devido à remoção das areias praias por erosão costeira e déficit sedimentar extremamente negativo (praias urbanizadas ou não).
<b>VII</b> Frequente exposição de “terraços ou falésias artificiais”, apresentando pacotes de espessura métrica de camadas sucessivas de aterro erodido e soterrado por camadas de areias praias/eólicas (praias urbanizadas).
<b>VIII</b> Destruição de estruturas artificiais construídas sobre os depósitos marinhos ou eólicos holocênicos, a pós-praia, o estirâncio, as faces praial e litorânea, a zona de surfe/arrebentação e/ou ao largo.
<b>IX</b> Retomada erosiva de antigas plataformas de abrasão marinha, elevadas de +2 a +6m, formadas sobre rochas do embasamento ígneo-metamórfico pré-cambriano a mesozóico, em épocas em que o nível do mar encontrava-se acima do atual, durante o Holoceno e o final do Pleistoceno (praias urbanizadas ou não).
<b>X</b> Presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos da praia, em associação com outros indicadores erosivos (praias urbanizadas ou não).
<b>XI</b> Presença de embasamentos formados pela presença de correntes de retorno concentradas e de zona de barlar ou centros de divergência de células de deriva litorânea localizados em local(is) mais ou menos fixo(s) da praia.

Fonte: Souza et al 2005

### 2.3 Atividades Antrópicas

Corriqueiramente, o conceito de “desenvolvimento” é confundido com crescimento econômico e usado para justificar o excesso de degradação, sem levar em consideração os efeitos danosos a humanidade. O equilíbrio dos sistemas socioambientais do planeta terra vem sofrendo ameaças cada vez maiores, decorrentes do processo de “desenvolvimento” e urbanização.

A interação Homem/Natureza se apresenta de forma muito complexa ao longo da história. O homem não tem o poder de transformar as leis da natureza, mas modifica significativamente suas condições de manifestação (MENEZES 2013; RODRIGUES, SILVA e CAVALCANTI, 2004).

As praias por suas diversas possibilidades recreacionais, como mergulho, banho de sol, prática de esportes, pescaria, além do seu valor cênico, ecológico e econômico, tem atraído e motivado cada vez mais o turismo e investimentos nas regiões costeiras. Porém, as praias são ambientes altamente dinâmicos e sensíveis ao seu uso e ocupação de forma inadequada, ou seja, de forma que modifique seu sistema natural, desencadeando consequências que possam comprometer sua qualidade estética e a própria atividade turística (SILVA, 2008)

A erosão faz parte da dinamicidade do ambiente praias, porém o uso e ocupação desordenado nas zonas costeiras, tem intensificado a erosão em todas as cidades litorâneas do mundo (Tabela 2). Segundo MOTA (2016, p.118) “O fenômeno da erosão costeira, por exemplo, é um processo natural e inerente as praias, resultando na variação da linha de costa. Quando sua ocorrência se dá em ambientes antropizados, os resultados são à destruição de infraestrutura e consequente prejuízos socioeconômicos”.

Tabela 2- Fatores e causas antrópicas da erosão.

#### **Fatores e Causas Antrópicas da Erosão Costeira**

Urbanização da orla, com destruição de dunas e/ou impermeabilização de terraços marinhos holocênicos e eventual ocupação da pós-praia.

Implantação de estruturas rígidas ou flexíveis, paralelas ou transversais à linha de costa: espigões, molhes de pedra, enrocamentos, píeres, quebra-mares, muros, anteparos em pedra, etc., para “proteção costeira” ou contenção/mitigação de processos erosivos costeiros ou outros fins; canais de drenagem artificiais.



Armadilhas de sedimentos associadas à implantação de estruturas artificiais, provocadas pela interrupção de células de deriva litorânea e formação de pequenas células.

Retirada de areia de praia por: mineração e/ou limpeza pública, resultando em déficit sedimentar na praia e/ou praias vizinhas.

Mineração de areias fluviais e desassoreamento de desembocaduras; dragagens em canais de maré e na plataforma continental

Conversão de terrenos naturais da planície costeira em áreas urbanas (manguezais, planícies fluviais e lagunares, pântanos e áreas inundadas) provocando impermeabilização dos terrenos e mudanças no padrão de drenagem costeira (perda de fontes de sedimentos).

Balanco sedimentar atual negativo decorrente de intervenções antrópicas.

Fonte: Souza et al 2005.

Para Nordstrom (2010, P. 13) “A erosão progressiva das praias, associada a tentativas humanas de reter em posições fixas edifícios e infraestrutura à beira-mar, pode resultar numa redução ou perda completa de ambientes de praia, dunas e encostas litorâneas ativas”. Para ele:

As ações antrópicas podem eliminar praias e dunas para construir instalações, alterar esses perfis por meio de usos consuntivos, remodelá-los ou reconstruí-los, modificar sua mobilidade ao alterar a cobertura superficial ou empregar dispositivos de estabilização, alterar suas reservas sedimentares ao alterar as condições de crescimento por meio de mudanças nos níveis de poluição ou na reserva de água (NORDSTROM, 2010, p. 17)

Segundo Silva (2008), a avaliação de suscetibilidade à erosão das praias é cada vez mais urgente devido ao aumento na demanda de uso e ocupação dos espaços costeiros, que consequentemente aumentam o valor das propriedades e as modificações da linha de costa geram um risco de erosão para essas propriedades.

Uma alternativa para recuperar e substituir o sedimento perdido é o engordamento artificial de praias, mas que geralmente visam a proteção das edificações e construção de plataformas de recreação, sem levar em consideração os valores naturais envolvidos. Essas medidas se utilizam de componentes considerados eficazes em atrair turistas, que acabam por converter paisagem peculiares em diferentes partes do mundo numa única paisagem, diluindo suas particularidades geográficas e identidade, uma consequência da transformação da paisagem natural em economia turística (NORDSTROM, 2010). Outro problema porque essas ações ao tentar solucionar o problema do déficit de sedimento, acabam uniformizando as praias no mundo todo, destruindo seu patrimônio paisagístico natural e peculiaridade.

Para Nordstrom (2010, p. 17) “o ritmo crescente de alterações humana na paisagem e o potencial das pessoas para reconstruir a natureza de modo a prover serviços e funções ecológicas exigem que as atividades antrópicas sejam reconsideradas de muitas maneiras que permitam torná-las mais compatíveis com a natureza”. A mudança de postura em relação ao uso e ocupação das paisagens costeiras é uma necessidade incontestável, as consequências já estão sendo sentidas nas cidades litorâneas em todo o mundo e Brasil.

Em Aracaju os problemas também já estão aparecendo. Além do aumento de riscos a erosão costeira apontados por Mota (2017), segundo Fonseca (2010), a zona de expansão da cidade, localizada na porção sul do município, o aterramento de lagoas para implantação de inúmeros empreendimentos já tem apresentado problemas de drenagem que comprometem também a recarga do lençol freático. Menezes (2013), mostrou que nessas áreas a urbanização é dispersa, que ocorrem problemas de planejamento urbano e consequentes conflitos ambientais, sendo o adensamento populacional das últimas décadas o principal agente dos conflitos, sendo a concentração das maiores ocorrências de degradação por precariedade da coleta de lixo, tem provocado a poluição dos lençóis freáticos por chorume.

Para Nordstrom (2010), as ações antrópicas se aplicadas com consciência de seu impacto e com moderação, nem sempre são negativas. A exemplo da Holanda, que introduziu um novo ambiente natural para apreciação, utilizando diferentes espécies ao converter dunas em zonas de recarga de água potável.

## 2.4 Geotecnologias

Diante do aumento das populações nas zonas costeiras e a crescente necessidade de estudos de impactos na área, os métodos e técnicas foram se aperfeiçoando com o passar do tempo. O monitoramento terrestre de zonas costeiras era realizado tradicionalmente através de perfis topográficos dispostos perpendicularmente à Linha de Costa para calcular seus recuos ou avanços, com o objetivo de identificar áreas de progradação ou erosão. Esses levantamentos são pouco representativos da complexidade da dinâmica costeira e insuficientes para o cálculo de áreas e volumes de erosão ou acreção porque só fornecem informações pontuais e locais.

Com o avanço das técnicas de posicionamento, especialmente o GPS (*Global Positioning System*), o método tradicional vem sendo substituído, com os benefícios da precisão, simplicidade operacional, rapidez e baixo custo (SANTOS, 2011; ROCHA et al., 2009). Desde então, as possibilidades não param de aparecer, é possível realizar com a

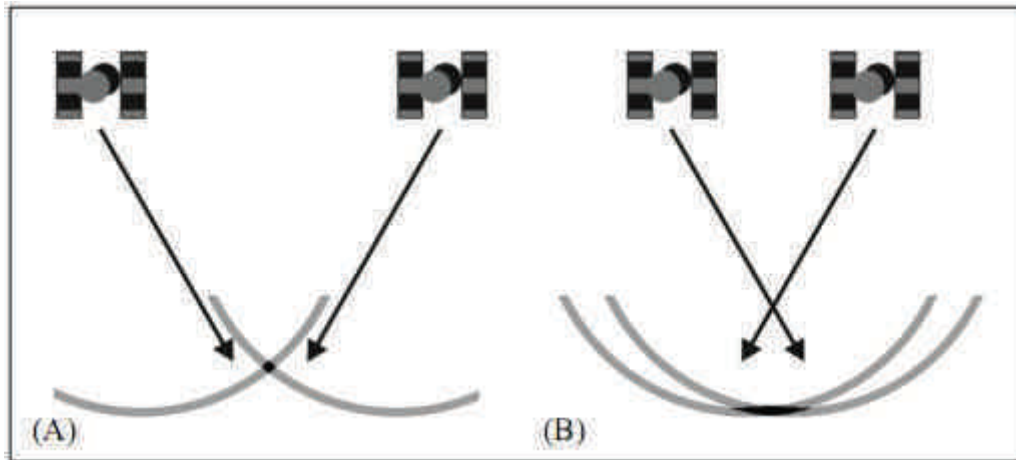
comparação de Modelos Digitais de Elevação (MDE) a mensuração da variação da linha de costa, calcular a área de acreção ou erosão e o cálculo do volume e da orientação do transporte de sedimentos (SANTOS, 2011).

Atualmente, os levantamentos para mapeamento de áreas costeiras, têm sido realizados com GPS Diferencial (Differential Global Positioning System (DGPS) através do posicionamento global (GNSS – Global Navigation Satellite Systems) usando o sistema americano GPS (Global Positioning Systems); e o sistema russo GLONASS (Global Navigation Satellite System). Segundo Rocha et al. (2009), essa tecnologia já vem sendo aplicada a programas de gerenciamento costeiro em várias partes do mundo.

O DGPS possibilita o aumento significativo da precisão do aparelho receptor GPS (Global Positioning System) porque corrige sua posição com utilização de uma estação de referência, (Base) fixada em um ponto de coordenadas conhecidas. Assim, é possível obter pontos com coordenadas precisas diretamente sobre a feição escolhida como indicados. Os Levantamentos podem ser realizados de duas maneiras, em tempo real (no modo RTK – “Real Time Kinematics”) ou pós-processado. Nos levantamentos em tempo real, o aparelho receptor obtém o posicionamento preciso na hora do procedimento (TRIMBLE, 2013).

Um dos elementos que interferem na qualidade das coordenadas, independentemente do método utilizado, é o DOP (Dilution Of Precision) que representa a geometria dos satélites. Quanto menor o seu valor mais preciso será a posição do ponto rastreado. Nos levantamentos, o PDOP (DOP da posição – geometria dos satélites rastreados), quanto maior o PDOP, menor a distância entre os satélites na constelação. Os valores de PDOP menores que 6,0, são aceitáveis, mas é importante frisar que quanto menor o valor, maior a precisão (TRIMBLE, 2013) (Figura 4).

Figura 4- Variação do PDOP em função da geometria dos satélites, em (A) menor área de localização, maior precisão (B) maior área de localização, menor precisão



Fonte: Menegucci, 2011.

De acordo com as recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos-GPS do IBGE a etapa de planejamento para os procedimentos adequados de aquisição e processamento dos dados GPS são de fundamental importância para o sucesso do trabalho, principalmente para o monitoramento de extensas áreas costeiras de forma rápida e com precisão. A qualidade posicional é o mais importante fator que direciona o planejamento. Definida a qualidade a ser alcançada, deve-se considerar os seguintes elementos:

- I. Obstruções próximas aos pontos a serem levantados;
- II. Dimensão das áreas a serem medidas;
- III. Tipos de feições a serem levantadas;
- IV. Tipo de equipamento;
- V. Satélites que efetivamente serão rastreados (acima da máscara de elevação);
- VI. Memória disponível nos receptores;
- VII. Indicadores como DOP (gráficos); e
- VIII. Suprimento de energia disponível e baterias de reserva

Essas novas tecnologias possibilitam monitoramento de grandes áreas costeiras com alta resolução e precisão, o DGPS apresenta-se muito útil para caracterizar a evolução costeira em escalas espaciais pequenas (Baptista et al., 2007). Segundo Rocha et al. (2009), essa tecnologia já vem sendo aplicada a programas de gerenciamento costeiro em várias partes do mundo. Baseado nesse pressuposto, essa pesquisa coloca o litoral de Aracaju dentro do cenário internacional na aquisição de dados com alta qualidade e precisão para o mapeamento da linha de costa.

## 2.5 Trabalhos Relacionados

Santos (2004), estudou as variações em médio e curto prazo da linha de costa da planície costeira de Maceió/AL, identificou e quantificou os setores de erosão e progradação, associados as intervenções antrópicas.

Farias (2008), estudou a evolução da linha de costa no estado do Ceará, utilizando técnicas de geoprocessamento para calcular a taxa de recuo e progradação a partir da análise multitemporal de imagens de satélites e fotográficas aéreas.

Pereira (2010), simulou a evolução do litoral sul de Aveiro/Portugal, aplicando o modelo numérico de projeções da evolução da linha de Costa, Long Term Configuration (LTC) e a partir desses cenários fez uma classificação do litoral, quantificou e mapeou riscos de erosão em função de diferentes intervenções antrópicas.

Souza (2016), utilizou sensoriamento remoto e SIG para analisar a evolução espaçotemporal (1987-2014) da linha de costa do Município de Icapuí/CE. Os resultados demonstraram que nos 45 km de linha de costa, aproximadamente, ocorrem processos erosivos e progradacionais significativos.

O litoral de Sergipe também foi alvo de diferentes trabalhos. Bittencout et al (1983), estudou o comportamento da linha de costa durante o Quaternário e apresentou um modelo de evolução paleogeográfica da planície costeira, como resultado das oscilações do nível relativo do mar (eventos de regressão e transgressão marinha).

Oliveira (2003), mapeou os padrões de refração de ondas e deriva litorânea (dispersão dos sedimentos) ao longo do litoral de Sergipe. De acordo com os resultados apresentados pelo autor, as ondas têm a direção dominante de E (leste), seguidas pelas direções de SE (sudeste) e NE (nordeste).

Rodrigues (2008), utilizou imagens de satélites e fotografias aéreas para estudar a erosão da linha de costa de Sergipe, associada às desembocaduras dos rios Sergipe, Vaza Barris e Piauí/Real. Seus estudos apontaram que a implantação de estruturas de contenção no município de Barra dos Coqueiros, na margem esquerda do rio Sergipe, tem provocado um desequilíbrio ambiental, ocasionando erosão na praia da coroa do meio ao provocar um déficit de sedimentos a jusante.

Oliveira (2012), ao estudar a evolução da paisagem na zona de expansão de Aracaju, concluiu que ao longo de 40 anos, as intervenções antrópicas avançaram sobre as unidades de terraços marinhos e dunas interduna na zona de expansão de Aracaju.

Menezes (2013), utilizou a análise geossistêmica para apresentar as intervenções antrópicas sobre a dinâmica ambiental da planície de Aracaju, apresentou os elementos naturais, geográficos e socioeconômicos no período de 1980 até 2010, e concluiu com uma proposta de zoneamento ambiental dividido em Zona de Proteção Ambiental (ZPA), Zona Urbana Densamente Ocupada (ZUDO) e Zona com Limitações para Ocupação (ZLO).

Rodrigues (2014), avaliou a dinâmica marinha e sedimentar atuantes na linha de costa do município de Aracaju utilizando o Sistema de Modelagem Costeira. Verificou duas importantes divergências no sentido do transporte líquido nas praias do Refúgio-Mosqueiro e da Coroa do Meio.

Silva (2014), estudou os geoindicadores de erosão e de acumulação de curto prazo, ou seja, período chuvoso e seco. E em suas conclusões apontou uma diversidade de níveis de vulnerabilidade de baixa a alta ao longo de todo o litoral de Aracaju. Os riscos a erosão apresentados foram moderadamente altos nas praias do Refúgio, dos Náufragos e Atalaia, e evidenciou os riscos que considerou críticos associados a desembocadura do rio Sergipe na praia dos artistas.

Jesus (2016), ao estudar a dinâmica das praias dos artistas e Atalaia no período entre 2008 e 2015, apresentou uma diversidade de comportamento da linha de costa e salientou a importância das estruturas de contenção na margem direita da foz do rio Sergipe para a preservação da praia.

Mota (2017) estudou a Geoecologia da paisagem costeira de Aracaju e seus riscos Ambientais. Seus resultados apontaram que as intervenções na paisagem têm produzido riscos associados a eventos pluviométricos e a erosão costeira. No tocante aos eventos erosivos, especificamente, seu estudo concluiu que um dos fatores determinante para esses cenários de riscos foi a proximidade das edificações da linha de costa.

Esses estudos em suas diferentes formas de execução, apontam o caráter peculiar das zonas costeiras e as instabilidades do litoral de Sergipe, em especial o de Aracaju.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para essa pesquisa tem como princípio fundamental, expor a problemática da erosão nas praias de Aracaju a partir de uma visão integrada e interdisciplinar, pressuposto essencial para os estudos relativos ao meio ambiente. O escopo planejado desta pesquisa, busca integrar as variações ambientais do meio físico com as atividades antrópicas, com o propósito de demonstrar os resultados bem-sucedidos ou não dessa relação. Para tanto, a pesquisa ficou definida como sendo do tipo quantitativo/qualitativo. O primeiro porque permite o levantamento de dados sobre a disposição do meio físico e antrópico, quantificando sua variação espaço-temporal. O segundo porque permite um caráter exploratório no propósito de compreender os efeitos socioeconômicos da interação Físico/Antrópico nas praias de Aracaju. Assim, as finalidades de exploração, descrição e explicação se correlacionam, possibilitando a interpretação e compreensão para descrever e explicar os fenômenos dessa pesquisa.

Todas as etapas desse trabalho contarão com o apoio do Laboratório GeoRioMar (Núcleo de Engenharia de Pesca) da Universidade Federal de Sergipe. O laboratório disponibilizou os equipamentos necessários para as etapas de campo, como o DGPS Trimble R6 e computadores com a instalação do Software Trimble Business Center (TBC) para o processamento dos dados.

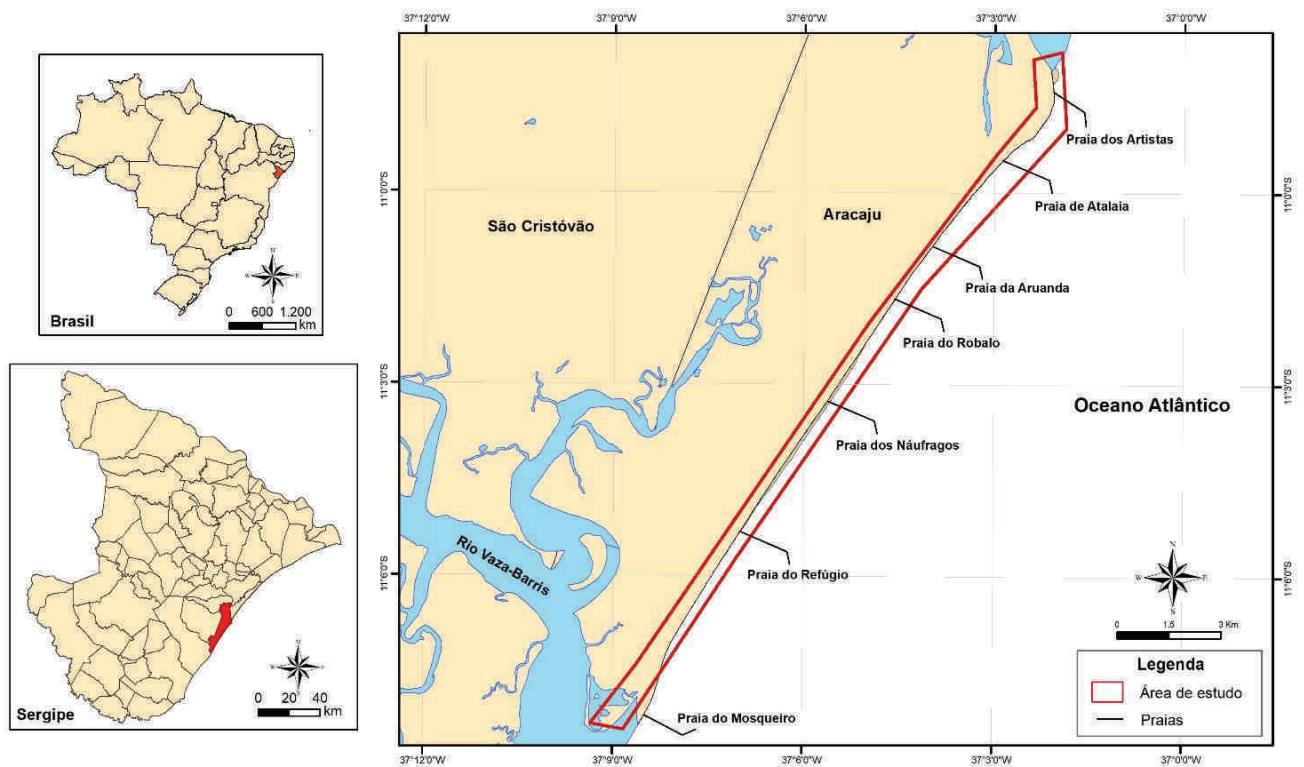
Inicialmente, foram realizados levantamento bibliográfico e documental, por meio de livros, artigos científicos, teses de doutorado, dissertações de mestrado, para buscar referências de autores que discorrem sobre os aspectos físicos e sociais das zonas costeiras como a erosão e progradação, dinâmica, gestão ambiental, urbanização e ocupação do litoral, principalmente os que citam o município de Aracaju. Foi executado também coleta de dados analógicos e digitais, entre eles, imagens de satélites, fotografias aéreas, disponibilizadas por órgãos da administração pública direta e indireta, como a Prefeitura Municipal de Aracaju, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA), que serviram para a confecção dos produtos dessa pesquisa.

### 3.1 Localização da Área de Estudo

O município de Aracaju, capital do Estado, localiza-se na região nordeste do Brasil, costa de Sergipe, ocupa uma área de 181,8 km<sup>2</sup>, com 40 bairros, aproximadamente 24 quilômetros de litoral com praias arenosas e cerca de 641,523 habitantes (IBGE, 2016). É cortado pelos rios Sergipe e Vaza Barris. Limita-se com os municípios de São Cristóvão, Nossa Senhora do Socorro e Santo Amaro das Brotas.

Os estudos foram concentrados nas praias localizadas entre a foz do rio Sergipe a Norte e a foz do rio Vaza Barris a Sul (Figura 5).

Figura 5 - Mapa de localização



Fonte: Silva, 2019

Estas praias têm acesso pela avenida Santos Dumont e Rodovia José Sarney, são elas:

- I. Praia Dos Artistas: É a praia mais ao norte, localizada imediatamente a margem direita da desembocadura do Rio Sergipe no bairro Coroa do Meio, em uma área 100% urbanizada.
- I. Praia de Atalaia: Com cerca de 6 km de extensão, também está localizada no bairro Coroa do Meio e Atalaia, também urbanizada.



- II. Praia da Aruanda, Robalo e Náufragos: São as praias mais centralizadas, localizada na zona de expansão e de grande extensão.
- III. Praia do Refúgio e Praia do Mosqueiro: São as praias localizadas mais ao sul da zona de expansão. A praia do mosqueiro localiza-se imediatamente a margem esquerda do rio Vaza Barris.

### **3.2 Caracterização do Clima**

Segundo Diniz et al (2016), a climatologia do Nordeste brasileiro está entre as mais complexas do mundo, consequência de sua localização geográfica em relação aos diversos sistemas de circulação atmosféricos e sua peculiar mudança na direção da linha de costa, resultante da forma como ocorreu o processo de separação da placa Sul-Americana e Africana. Esse contexto geomorfológico reflete diretamente no comportamento do clima nordestino.

A costa dos cordões arenosos, classificação apresentada por Diniz et al (2016), entre o delta do rio São Francisco/SE à Baía de todos os Santos/BA, com extensão de aproximadamente 480 km, predominam os subtipos climáticos úmido e superúmido, onde estação seca é mais predominante na suave concavidade do litoral Sergipano (DINIZ et al, 2016)

O município de Aracaju apresenta clima subúmido com temperaturas médias anuais de 26° e pertence ao bioma Mata Atlântica (SERGIPE, 2017). Um período seco entre os meses de setembro a fevereiro, com precipitações médias mensais entre 79 mm a 61 mm, os períodos de maiores precipitações ocorrem entre os meses de abril a agosto com precipitações médias entre 124 mm a 315 mm (SRHSE, 2017).

Segundo Araújo (2006), as condições térmicas quase homogêneas, típicas da cidade de Aracaju, está diretamente relacionada à umidade relativa do ar, refletindo o clima que é do tipo megatérmico subúmido úmido, por ser uma cidade cercada de superfícies de evaporantes, como é o caso do rio Sergipe e o próprio mar. Seu regime pluviométrico é de maneira geral composto por um período seco de primavera-verão e chuvoso de outono-inverno.

### **3.3 Caracterização da Hidrografia**

Os rios Sergipe e Vaza Barris são as principais bacias hidrográficas presentes no município de Aracaju/SE e exercem bastante influência sobre a dinâmica de suas praias. As

regiões de estuário de maneira geral, são de alta variabilidade exercida pela forte influência das dinâmicas flúviomarinhas.

### 3.3.1 Rio Vaza Barris

O rio Vaza barris localiza-se no nordeste do Brasil, possui aproximadamente 510 km de extensão com sentido NW-SE, dos quais, somente 152 km estão no Estado de Sergipe. Ele nasce na cabeceira da Serra da Canabrava, no município de Uauá no estado da Bahia, até sua foz entre os municípios de Itaporanga D'Ajuda e Aracaju no Estado de Sergipe (SANTOS, 2015).

Sua foz de acordo com o Ministério do Meio Ambiente, está catalogada como área prioritária para conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade brasileira com nível de prioridade alta (BRASIL, 2007), as Ilhas da Paz e do Paraíso, que fazem parte do arquipélago da Bacia, estão protegidas por lei como Áreas de Preservação Permanente (LEI ESTADUAL Nº 2.795, 1990) e sua margem direita está inserida na Área de Proteção Ambiental do Litoral Sul (DECRETO ESTADUAL Nº 13.468, 1993).

Mota (2017), classificou a desembocadura do rio Vaza Barris como de elevada suscetibilidade a erosão, apesar de seu baixo índice de ocupação, apontando os bancos arenosos do delta de maré-vazante como o principal responsável pelas variações da linha de costa, ligeiramente associada à sua desembocadura. Além de apontar o risco em potencial da região por possuir áreas de atração populacional futura.

### 3.3.2 Rio Sergipe

Nasce na Serra da Boa Vista a uma altitude média de 280 m, nas divisas com a Bahia, possui uma extensão aproximada de 210 km até sua foz entre as cidades de Aracaju e Barra dos Coqueiros. Seus principais afluentes da margem direta são: o Rio Poxim, Pitanga e Rio do Sal (ARAÚJO, 2006).

Ao contrário do que ocorre nas áreas adjacentes a foz do rio Vaza Barris, a margem direita do rio Sergipe é densamente ocupada em seu baixo curso, o que segundo Mota (2017), é um agravante e indutor dos processos erosivos da área, além dos fatores dinâmicos do delta de maré-vazante associado a esse ambiente. E sua margem esquerda que a algumas décadas

apresentava uma ocupação limitada, hoje está em plena expansão e cada vez mais em direção à praia.

### **3.4 Caracterização da Geologia e Geomorfologia**

Sob a ótica da geologia, o município de Aracaju abrange a Bacia sedimentar de Sergipe. Para compreender as mudanças físicas, limitações e/ou vulnerabilidade da paisagem da cidade de Aracaju, é necessário, antes de mais nada, conhecer a origem e derivações da geologia e geomorfologia da sua planície costeira, que tiveram seu desenvolvimento associados aos eventos de transgressão e regressão do nível relativo do mar durante o Quaternário. Bittencourt et al. (1983), apresentou um modelo evolutivo para a costa Sergipana e costa sul de Alagoas com os seis estágios mais significativos relativos as variações do nível do mar no Quaternário (Figura 6).

Estágio I (A) – Associado à Transgressão Mais Antiga de idade desconhecida, quando ocorreu a erosão da porção mais externa do Grupo Barreiras esculpindo falésias, os baixos cursos dos rios foram afogados, gerando estuários

Estágio II (B) – período onde ocorreu a regressão subsequente à Transgressão Mais Antiga, sob um clima semiárido, com chuvas esparsas e violentas, que favoreceu a formação de depósitos arenosos que deram origem a unidade dos Leques Aluviais Pleistocênicos.

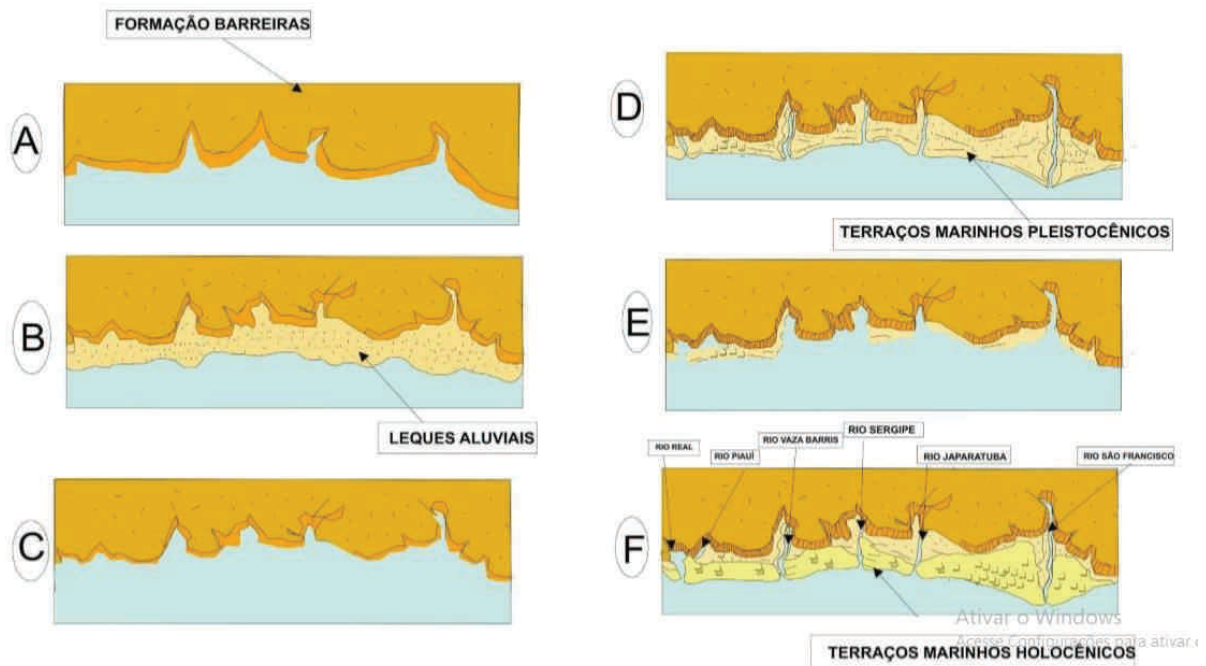
Estágio III (C) – Corresponde ao máximo da Penúltima Transgressão (120.000 anos A.P.). Nesse estágio os depósitos de leques aluviais foram erodidos e novamente o baixo curso dos rios da região foram afogados, transformando-se em estuários.

Estágio IV (D): Nova regressão marinha sucessiva a Penúltima Transgressão que fez progradar a linha de costa, formando os Terraços Marinhos Pleistocênicos. Foi instalado também uma rede de drenagens na superfície desses terraços.

Estágio V (E) -Última Transgressão atingiu seu máximo em torno de 5.100 anos A.P. os terraços marinhos pleistocênicos foram erodidos parcialmente, os rios foram afogados e instalou-se um sistema de ilhas-barreiras, gerando uma série de corpos lagunares.

Estágio VI (F) - O Último evento regressivo deu as configurações finais da costa. Nesse período a descida do nível do mar, favorecendo a progradação da linha de costa e a construção dos terraços marinhos holocênicos dispostos externamente aos terraços pleistocênicos. As lagunas perderam sua comunicação com o mar, foram colmatadas e evoluíram para pântanos.

Figura 6 - Esquema da evolução paleogeográfica Quaternário de Sergipe



Fonte: Bittencourt et. al. 1983, adaptação Santos, 2012.

Desses eventos derivaram as configurações geológicas e geomorfológicas atuais da planície costeira de Aracaju, que compõem os Terraços Marinhos, depósitos Flúvio-lagunares, depósitos de mangues e depósitos eólicos. Estas unidades foram caracterizadas por Bittencourt et al. (1983) da seguinte forma:

- *Terraços marinhos pleistocênicos*: são depósitos arenosos que variam de 8 a 10 m, acima da preamar atual. Estão geralmente localizados próximos as falésias da Formação Barreiras.
- *Terraços marinhos holocênicos*: existentes ao longo de toda a costa de Sergipe, esses depósitos arenosos variam de 4 m até alguns centímetros da preamar atual, sua principal característica são a presença de cristas de cordões litorâneos com continuidade lateral.
- *Depósitos flúvio-lagunares*: são compostos por sedimentos argilo-arenoso com matéria orgânica, foram depositados em antigas lagunas que evoluíram para zonas pantanosas e hoje se localizam na rede de drenagens entre os terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos.
- *Depósitos de mangues*: De composição argilo-siltosa com amplo desenvolvimento de vegetação de mangue em regiões influenciadas por marés e protegidas da ação das ondas.

- *Depósitos eólicos*: São sedimentos bem selecionados e arredondados com granulometria fina, correspondem as dunas desenvolvidas sobre os terraços marinhos holocênicos que bordejam todo o litoral.

O litoral aracajuano se apresenta em ambientes marinho, flúviomarinho, lacustre e eólico com sedimentos quaternários de idades pleistocênica e holocênica (Bittencourt et. al., 1983), representados formações como dunas, restingas manguezais e lagoas costeiras. As praias, principal objeto de estudo dessa pesquisa, destarte, são feições construídas pela deposição de material inconsolidado, predominantemente de textura arenosa, que refletem as reais situações de mudanças nas características desses ambientes (restinga, manguezais, dunas, rios e lagoas) presentes na zona costeira de Aracaju, pela ação dos agentes *litogênicos, marinhos, litorâneos e eólicos*.

### 3.5 Critérios para Delimitação da Linha de Costa

O monitoramento do comportamento da linha de costa pode demonstrar qual a sua tendência atual e sua definição pode ser realizada com base em diversos critérios indicadores. Neste trabalho, o critério indicador adotado foi a linha de água alta (*High Water Line*), representada por uma feição morfológica mais interior do perfil de praia, conhecida como micro escarpa ou escarpa de praia (Figura 7). Esta feição geomorfológica da praia, representa o último registro do máximo de atuação da maré e conseqüentemente, a última linha de erosão ocorrida na praia (BOAK & TURNER, 2005). Pode-se assim assumir que dessa forma, tem-se um indicador menos sensível às mudanças sazonais, que apresente maior confiabilidade em certo período de tempo.

Figura 7 – Micro escarpa, utilizada como indicador da linha de Costa



Fonte: Silva, 2013.

Em razão da não continuidade da escarpa de praia ao longo de do litoral, também foi adotado o indicador de interface areia seca/molhada também chamado de linha de preamar (Figura 8).

Figura 8: Interface areia seca/molhada



Fonte: Autora

A interface areia seca/molhada também é um dos indicadores proposto por Boak & Turner (2005). Essa característica foi facilmente visualizada na faixa de areia da praia em campo e representa a ultimo alcance da maré.

### **3.6 Levantamento e Análise de Campo**

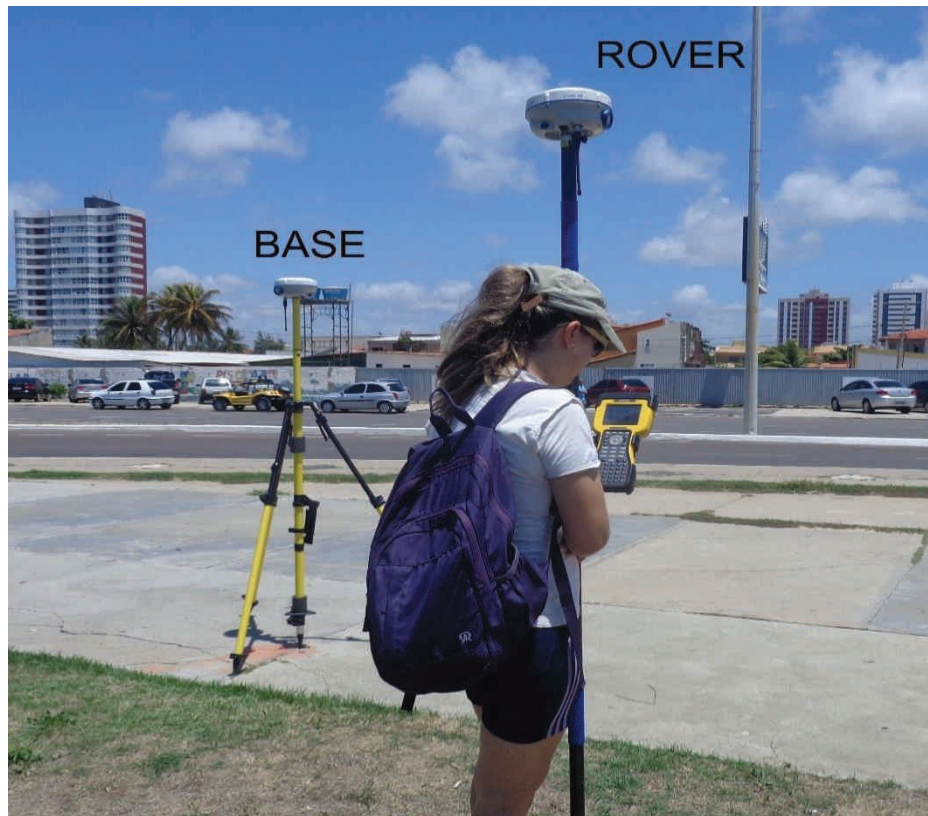
O trabalho de campo é um dos procedimentos mais importante para a ciência ambiental, principalmente, para caracterização do meio físico. A realização dos levantamentos de campo nesta pesquisa se fez necessária para alcançar variados objetivos, dentre eles o reconhecimento, coleta de pontos representativos da linha de costa, o diagnóstico da dinâmica ambiental e a validação dos trabalhos de gabinete.

A realização dos trabalhos de campo exigiu uma preparação prévia de instrumentos e técnicas utilizadas e também de infraestrutura e logística. Assim, foi necessário reserva de GPS junto ao Laboratório GeoRioeMar para coleta de pontos e articulação na realização do mapeamento.

É importante mencionar que uma parte das atividades já foram realizadas pela autora, referente ao levantamento de dados do ano de 2013, que foram utilizados para efeito comparativo com a linha de costa atual.

A etapa de campo contou o com auxílio do GPS geodésico Trimble R6 para o mapeamento. Para tanto, foi necessário um par de equipamentos, denominados Base e Rover (Figura 9). A Base é o receptor de dados referentes as coordenadas de latitude e longitude adquiridas pelo coletor móvel (compõe essa Base, um tripé para nivelamento do equipamento, um rádio para a comunicação com Rover, cabos e baterias) fixada em um ponto estratégico. O Rover é um coletor móvel que acompanha o pesquisador na aquisição dos pontos, responsável pela transferência dos dados para a Base em tempo real, a depender da técnica utilizada.

Figura 9- Par de equipamentos com Base e Rover da Trimble



Fonte: Silva, 2013.

Duas técnicas de posicionamento foram aplicadas, uma com solução em tempo real, denominada de RTK (Real Time Kinematic) e também o estilo de levantamento PPK (Pós-processado), onde a coordenada exata é adquirida posteriormente em laboratório com o processamento dos dados, através do ajustamento com a Rede de Referência Geodésica (Sistema Geodésico Brasileiro – SGB). Durante a etapa de campo também foram realizados registros fotográficos da situação das praias em pontos estratégicos, como por exemplo, em áreas que apresentaram erosões explicita.

### 3.6.1 Campanha 2013

O mapeamento foi realizado com a técnica de posicionamento em PPK (pós-processado). Nessa técnica é possível fazer amostragens até aproximadamente 200 km de distância da Base. Por esse motivo, só foi necessário à utilização de um único ponto para fixação da Base para toda a área percorrida. O ponto da base, denominado Cariri foi instalado no



calçadão da passarela do caranguejo na orla de Atalaia. A aquisição dos dados se deu nos dias 15 e 16 de março de 2013, no período da manhã e tarde com intervalo, das 12h às 14h.

O mapeamento foi realizado a pé e os pontos que representam a linha de costa foram selecionados visualmente baseados nos indicadores da LC determinados, sendo eles: a linha de preamar e a escarpa de praia. O GPS foi configurado com a opção *Medir Ponto na Coletora*, dessa forma somente ficam registrados os pontos selecionados.

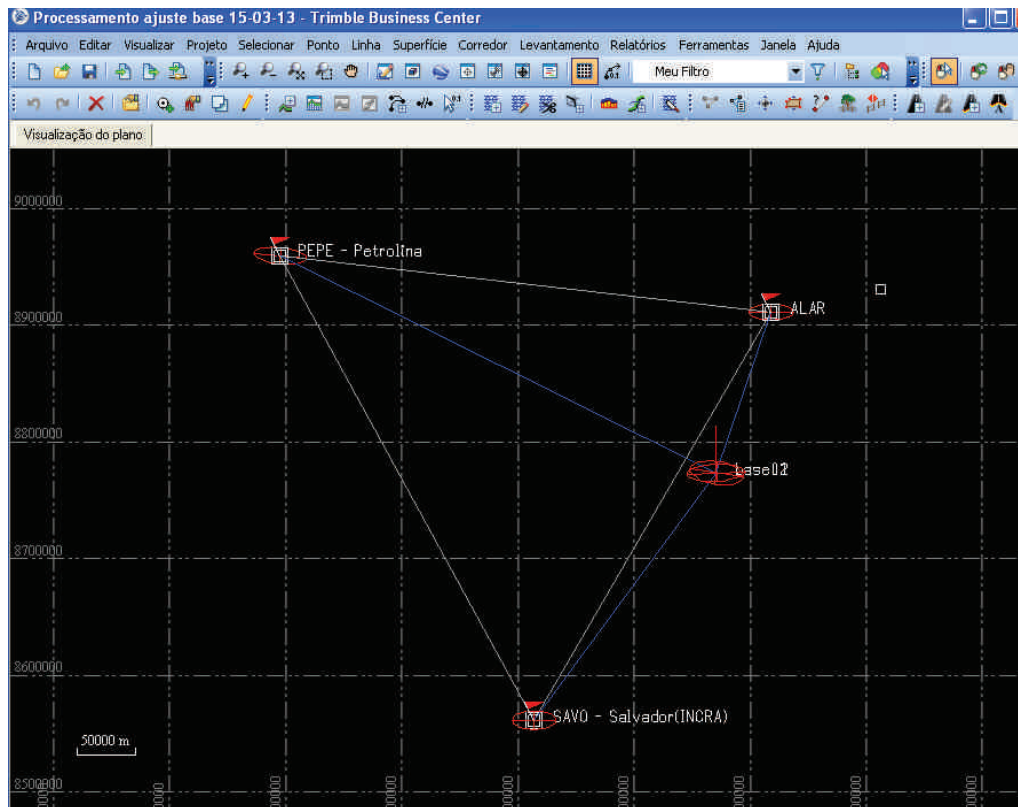
### 3.6.2 Campanha 2018

Essa segunda etapa da atividade de campo seguiu todos os critérios estabelecidos na campanha de 2013, utilizando os mesmos equipamentos. Em razão de imprevistos na logística e de condições climáticas, os campos demandaram mais dias e foram realizados em 19, 20, 24 e 27 de abril de 2018. Essa atividade atende ao objetivo de recolher as coordenadas geográficas necessárias a determinação da situação atual (2018) da linha de costa nas praias de Aracaju/SE. Além disso, a coleta de dados também incluiu a delimitação dos trechos para cada indicador da linha de costa utilizado e principais informações sobre a situação ambiental das praias estudadas

## 3.7 Diagnóstico e Elaboração de Produtos

Após a etapa de campo o Software *Trimble Data Transfer Utilities* foi utilizado para transferir os dados coletados para o computador. Como a coleta foi realizada em PPK, faz-se necessário realizar todas as etapas de pós-processamento para correção de ambiguidade dos dados. Para tal, foi utilizado o Trimble Business Center (TBC). Esse Software fornece ao usuário a capacidade de processar, editar e ajustar os dados. O próprio TBC gera relatórios sobre processamentos e ajustamento realizados. Primeiro foram importados os dados ajustados da Base Cariri para o TBC, os dados de três bases da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) foram adquiridas no site do IBGE, sendo elas: Petrolina (PEPE), Salvador (SAVO) e Arapiraca (ALAR), para a realização da triangulação, através de vetores com a Base Cariri, dando-lhe qualidade de controle para o ajustamento das coordenadas (Figura 10) (SILVA, 2013).

Figura 10- Processamento de ajuste de base no TBC.



Fonte: Silva, 2013.

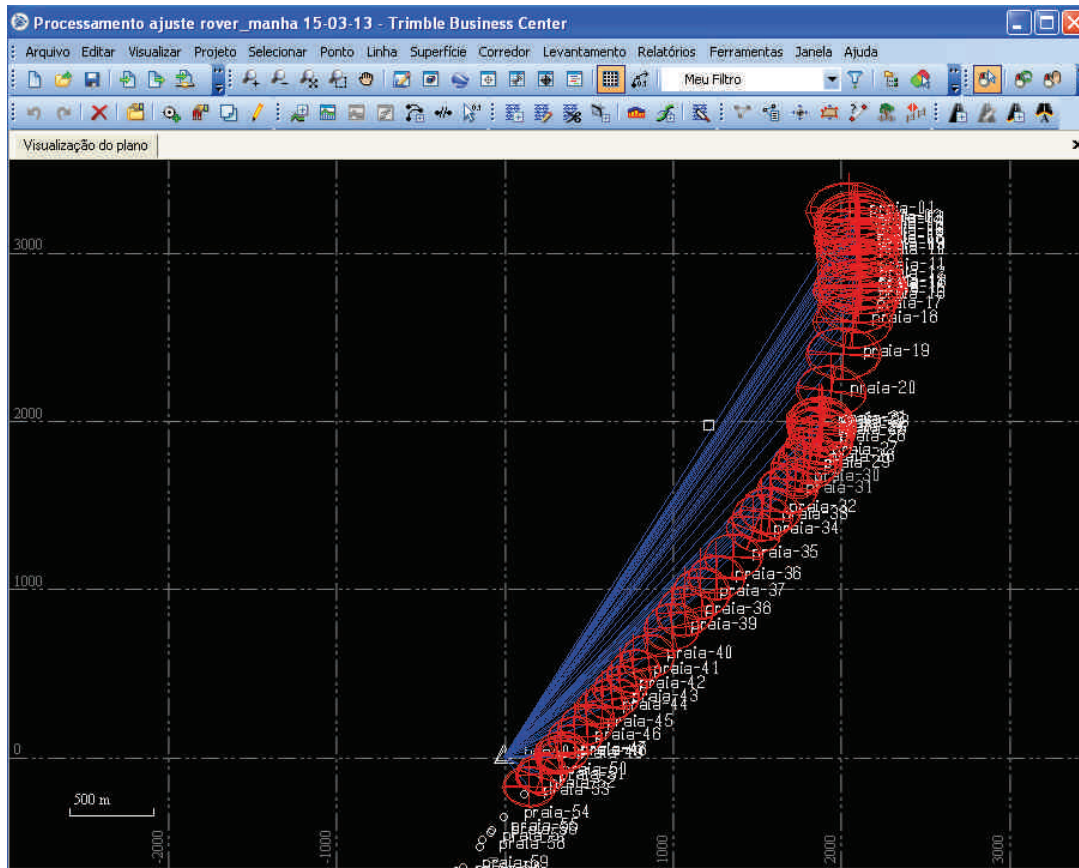
Após o ajustamento da Base um novo projeto foi iniciado para a importação dos dados da Base e Rover, onde as coordenadas adquiridas foram corrigidas em relação à base ajustada (figura 11) (SILVA, 2013).

As listas de pontos coletados e pós processados, foram são analisados, verificados sua acurácia e precisão e exportados para planilhas eletrônicas, com o número do ponto, latitude, longitude e altitude dos pontos. Essas planilhas foram importadas no Sistema de Informação Geográfica ArcGis 10 como o shapefile de pontos e em seguida transformado em um shapefile de linha. As linhas de situação geradas para os anos de 2013 e 2018 foram comparadas através da sobreposição das mesmas, para definição dos setores que ocorreu erosão (recuou) e progradação (crescimento da faixa de areia em direção ao mar). Devido à alta precisão do equipamento e o acúmulo de informações com intervalos similares abaixo de 5 m, ampliou-se o intervalo de 5 m em 5 m afim de agrupar melhor as informações. Dessa forma, os setores com oscilações menor ou igual a 5 m foram categorizados como equilibrados.

Os valores até 5 m podem ser representativos de eventos sazonais, inerentes ao sistema praial, e que não refletem a tendência geral do sistema. Além disso, os valores em  $m^3$  das áreas perdidas e acrescidas, para o recorte temporal, foram calculadas através de polígonos entre os

limites de cada trecho. Esses limites foram estabelecidos pelo cruzamento das linhas, durante a análise multitemporal.

Figura 11- Processamento de ajuste das coordenadas de campo.



Fonte: Silva, 2013

As elaborações dos mapas representativos dos indicadores da LC seguiram o mesmo padrão, as informações da caderneta de campo com o número do ponto de início e do término de cada indicador foi utilizado para a delimitação de cada trecho, em seguida esses pontos foram transformados em shapefile de linha. Os trechos foram diferenciados por cores padronizadas, ou seja, cada indicador tem uma cor específica tanto no mapa referente ao ano de 2013 como para o ano de 2018. Posteriormente, as linhas foram sobrepostas, possibilitando a análise da evolução dos indicadores para os últimos 5 anos.

Também foram elaborados gráficos no Excel, com os valores em percentuais da evolução da linha de costa referentes a ocorrência de erosão e/ou progradação, e para a ocorrência dos indicadores. Esses valores foram obtidos a partir do cálculo da quilometragem de cada trecho.

### **3.8 Derivações Antropogênicas**

A interação entre a natureza e a sociedade modificam e transformam a paisagem natural. Essas mudanças podem ser definidas pelo processo de antropogenização da paisagem, que consiste na modificação da dinâmica, funcionamento, estrutura e inclusive as tendências evolutivas da paisagem original (RODRIGUEZ, 2004)

Entendendo que para qualquer estudo dentro das ciências ambientais é imprescindível uma abordagem que inclua a indissociável relação do homem com a natureza. Nesse intento, a pesquisa buscou a inserção de outras variáveis, além da disposição física da paisagem, afim de se aproximar um pouco mais da complexa realidade da dinâmica litorânea. E então, para compreender as oscilações nas praias de Aracaju, parte da pesquisa dedicou-se ao estudo antropogênico da área.

Nessa fase a pesquisa foi realizada através dos dados existente na literatura e órgãos públicos responsáveis. Foi realizado um levantamento das principais intervenções antropogênicas no litoral aracajuano nas últimas décadas. Tais como: avanço da urbanização sobre as unidades da paisagem litorânea, aterramentos, infraestrutura turística diversas e de acesso as praias. Esses dados foram comparados aos setores mapeados, na tentativa de demonstrar a existência de uma relação direta e/ou indireta com os setores erosivos e/ou progradantes encontrados. Nessa perspectiva, foram abordados os aspectos das intervenções frente as readaptações geológicas e geomorfológicas das praias, para o entendimento da sua relação com as oscilações da linha de costa.

## **4 INDICADORES DA LINHA DE COSTA DE ARACAJU**

A definição de “litoral” é importante para analisar a variabilidade e tendências da linha de costa. Devido à natureza dinâmica deste limite, é necessário levar em conta a dependência dessa variabilidade na escala de tempo escolhida para a investigação e a definição escolhida deve considerar a linha costeira em um sentido temporal e espacial. Na prática, a definição específica escolhida é menos importante do que a escolha de um indicador da linha de costa e sua capacidade de quantificar em um sentido vertical/horizontal o limite físico terra-água. Então, o desafio, é desenvolver uma técnica para permitir a detecção do recurso "linha costeira" escolhido dentro da fonte de dados disponível e possível de ser replicada. As técnicas de detecção dependem do indicador escolhido e da fonte de dados (BOAK and TURNER, 2005).

Nesse intento, o capítulo apresenta o mapeamento dos indicadores da linha de costa encontrados no litoral de Aracaju nos anos 2013 e 2018.

### **4.1 A Escolha da Linha de Controle**

Por vezes o monitoramento da praia pode não representar a realidade do comportamento da praia, em relação as tendências que podem expressar riscos para a costa. A escolha da linha de referência para o mapeamento do limite entre o nível do mar e a praia, devem apresentar certo potencial para a identificação de processos erosivos. Porque nem sempre o indicador utilizado é o mais adequado.

Para Muehe (2014), no mapeamento da linha de costa realizado através de fotografias aéreas e imagens de satélites dependendo do referencial utilizado, os resultados podem representar apenas sua variabilidade morfodinâmica que podem resultar em interpretações equivocadas, ou seja, a largura da praia entre duas imagens pode não representar um processo erosivo ou progradacional continuado, mas sim um estado morfodinâmico do momento em que a imagem é feita. Esse estado morfodinâmico varia para cada imagem.

Os geoindicadores são características que podem ser gerais como o tipo de vegetação e a elevação, e específicas como a geomorfologia, tipo de duna e de solo, a estabilidade e configuração da linha de costa, são alguns exemplos. Esses indicadores ajudam a entender os processos atuantes e ameaças as quais a costa está sujeita. Bush et al. (1999), apresentou os geoindicadores como uma alternativa para avaliações de riscos de desastres naturais na costa.

Também são utilizados para identificar cenários e podem fornecer subsídios para implementação de ações de monitoramento ambiental de acordo com escalas correspondentes as necessidades do estudo (MENEZES, 2018).

Um geoindicador bem significativo para indicação de riscos para áreas urbanizadas é a escarpa de praia ou ainda a base da duna frontal (indicador utilizado na pesquisa). Em contrapartida, a visualização desse indicador em imagens de satélites pode ser dificultada se a escarpa já estiver suavizada por sucessivos escorregamentos e por recobrimento vegetal. Diante dessa situação, “o melhor modo de mapear este contato, é percorrer este limite com um DGPS, a pé ou empregando um veículo compatível com o ambiente arenoso (4x4) como descrito por Baptista *et al* (2011) ” In Muehe (2014).

A metodologia sugerida por Baptista et al (2011) foi aplicada a pesquisa, uma vez que todo o litoral aracajuano foi percorrido a pé com o DGPS Trimble R6, minimizando significativamente os erros frequentemente encontrados em metodologias com mapeamentos realizados remotamente. “PAJAK e LEATHERMAN (2002) concluíram que o método GPS foi mais preciso do que a fotografia aérea para identificar características específicas da linha de costa de interesse” (BOAK AND TURNER, 2005, p.).

As pesquisas tendem a utilizar essa técnica daqui para a frente, pela praticidade e qualidade de controle dos dados adquiridos. Segundo Boak and Turner (2005), a associação da relação entre a interface física terra-água baseada na interpretação dos processos desses indicadores da linha de costa a partir de uma abordagem quantitativa é o foco da pesquisa atual.

## **4.2 Indicadores da linha de Costa de Aracaju**

### **4.2.1 Cenário em 2013**

Durante o mapeamento da linha de costa de Aracaju em 2013. Dos 23,021 km estudados, em 54% foram utilizados o geoindicador escarpa de praia, 43% foi mapeado através da linha máxima da maré e em 3% foi realizado pela presença da vegetação como indicador (Figura 12).

Figura 12: Gráfico de indicadores da linha de costa de Aracaju/SE, mapeados em março de 2013



Fonte: Silva, 2019.

Os 54% da linha de costa referentes ao indicador escarpa de praia correspondem a 12,341 km de extensão e estão divididos em quatro trechos: P1-P2 localizado na praia da Coroa do Meio, é o trecho mais ao norte do litoral de Aracaju com 1,733 km; P3-P4 possui 4,108 km na praia de Aruanda; P6-P7 com 5,253 km de extensão é o maior trecho e abrange as praias do Refúgio e Mosqueiro; P8-P9 é o de menor extensão com 1,247 km na praia do Mosqueiro, extremo sul (Figura 13)

O indicador linha máxima da maré foi utilizado em 43% do litoral que correspondem a 9,93 km divididos em três trechos: P2-P3 a primeiro e mais significativo com 7,275 km entre as praias de Atalaia e Aruanda; P5-P6 possui 1,776 km de extensão na praia dos Náufragos e P7-P8 com apenas 0,879 km na praia do Mosqueiro (Figura 13).

O terceiro indicador utilizado foi a vegetação mapeado em um pequeno trecho com 0,75 km entre P4-P5 na praia dos Náufragos (Figura 13).

Figura 13: Indicadores da linha de costa das praias de Aracaju/SE, mapeados em 2013



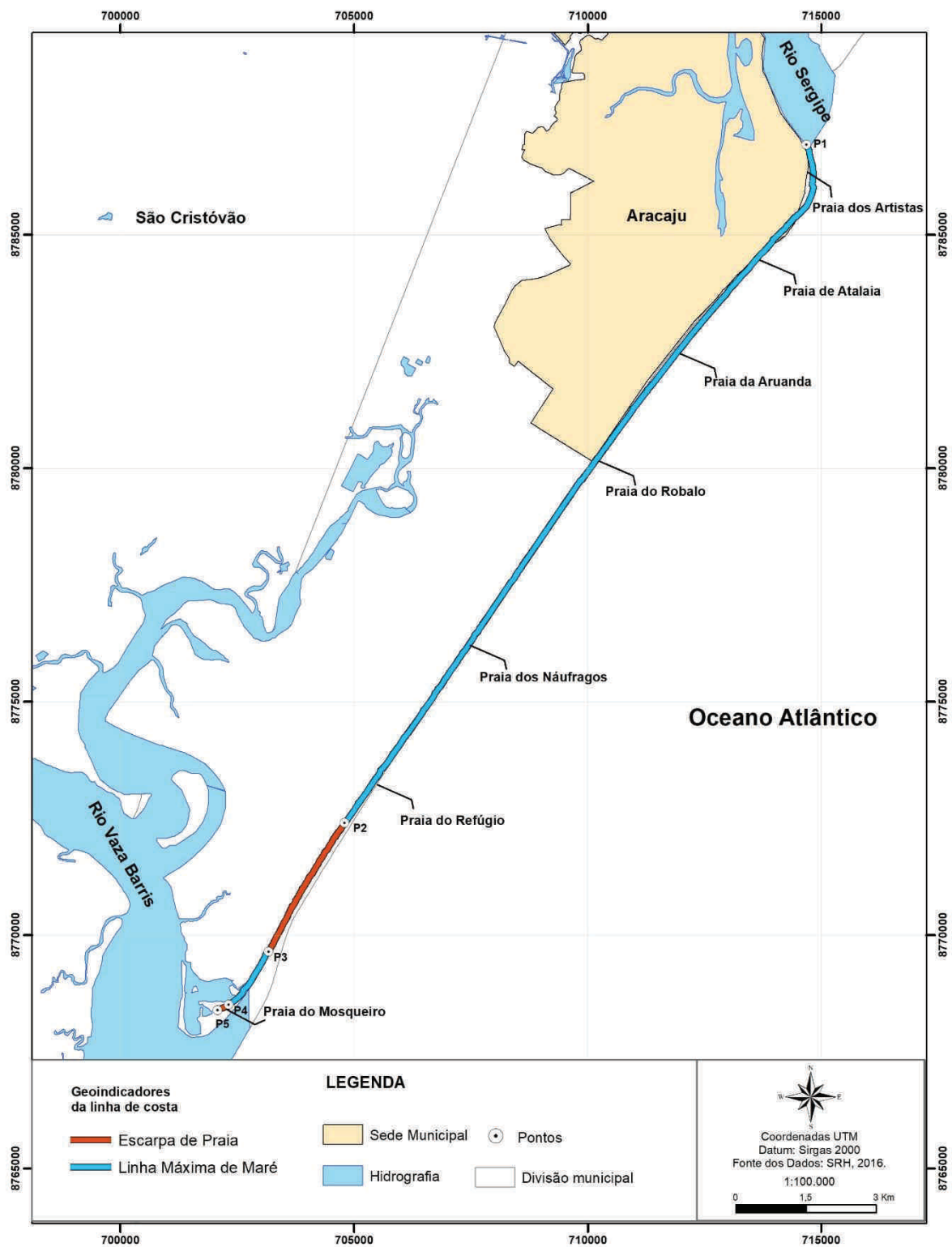
Fonte: Silva, 2019.



#### 4.2.2 Cenário em 2018

O cenário em 2018 muda significativamente. Dos 22,914 km mapeados 85% correspondem ao geoindicador linha máxima da maré com 19,532 km de extensão divididos em dois trechos: P1-P2 que se estende desde a praia dos artistas na coroa do Meio até a praia do Refúgio e possui 17,996 km e P3-P4 com 1,536 km de extensão na praia do Mosqueiro. Os 15% restante foi utilizado o geoindicador escarpa de praia, também divididos em dois trechos: P2-P3 entre as praias do Refúgio e Mosqueiro com 3,252 km de extensão e P4-P5 com apenas 0,13 km na praia do Mosqueiro (Figura 14).

Figura 14: Indicadores da linha de costa das praias de Aracaju/SE, mapeados em 2018



Fonte: Silva, 2019.

O cenário de 2018 ocorre um predomínio do geoindicador “linha máxima de maré”, que foi de fácil identificação durante o trabalho de campo, pelo contraste de cores na faixa de areia, no limite entre a areia/molhada. Nas proximidades da praia dos Náufragos esse padrão foi quebrado pelo início da aparição da escarpa de praia, predominantemente inativas, que ocorria de forma descontínua, mas constante por 3,252 km até as proximidades da praia do Mosqueiro.

#### 4.3 Geoindicadores da Linha de Costa *versus* Geoindicadores de Erosão Costeira

Neste trabalho foi possível identificar duas aplicações para os indicadores. Um referente as características que serviram para delimitar a linha de costa durante o mapeamento nas praias de Aracaju, sendo elas, a escarpa de praia e a linha de água máxima. Outra aplicação, diz respeito a feição geomorfológica do ambiente praial, usada como evidências erosivas da praia, nesse caso o indicador da linha de costa, a escarpa de praia (dunas escarpadas), também é um geoindicador erosivo (Tabela 3). Sendo assim, foi possível perceber que a evolução desse indicador no recorte espaço-temporal da pesquisa é representativa da tendência geral das praias apresentado no capítulo anterior.

Tabela 3: Geoindicadores de avaliação de comportamento da linha de costa.

<b><i>ERSÃO SEVERA</i></b>	<b><i>EROSÃO</i></b>	<b><i>ACRESCÃO/ ESTABILIDADE</i></b>
Ausência de dunas	Dunas escarpadas ou rompidas	Dunas e cristas de praia bem vegetadas
Escarpa ativa por ondas	Escarpas íngreme e depósitos de tálus	Escarpa vegetada com rampa
Canais de maré expostos	Turfa, lama ou troncos expostos na praia	Berma larga e bem desenvolvida
Ausência de vegetação	Berma estreita ou coberta por espraçamento	Ausência de leque de transposição
Presença de obras de engenharia	Presença de leques de transposição	Vegetação de restinga bem desenvolvida
Escarpamento do pós-praia		

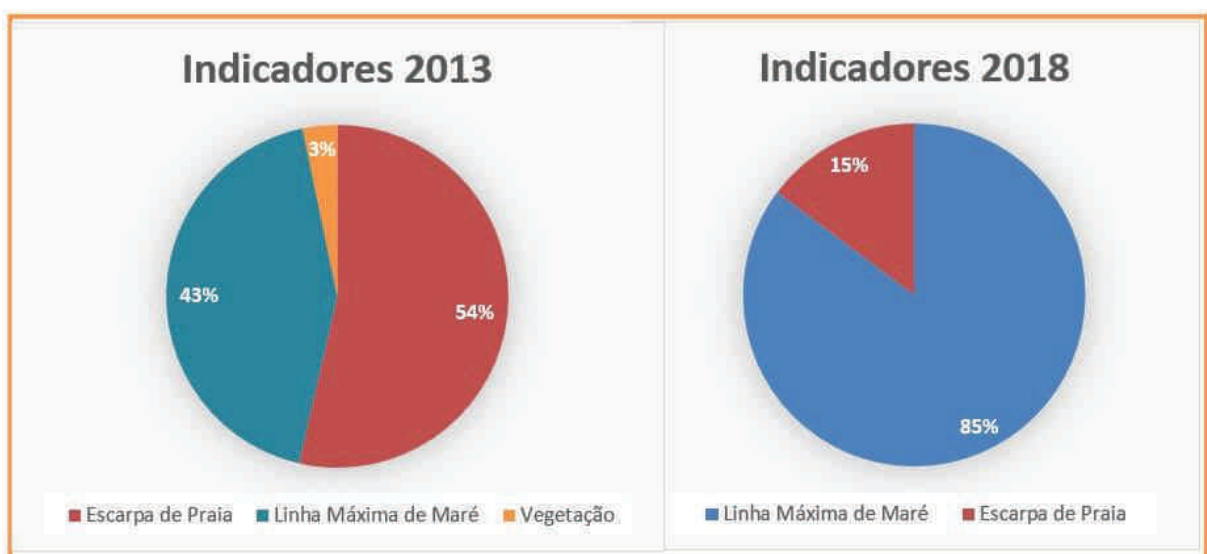
## Presença de edificações ou estruturas danificadas

Fonte: BUSH et al. (1999), adaptação ROCHA et al. (2013).

A tabela 4 pode servir para entender como as características encontradas na praia dizem respeito a sua situação diante dos processos atuantes. Sendo assim, uma análise multitemporal desses geoindicadores pode demonstrar sua tendência geral.

Outro aspecto importante é que esses geoindicadores podem indicar situação de erosão e progradação, a partir desse entendimento, uma transição de geoindicadores que representem processos erosivos para outro que indique uma situação de equilíbrio, como no caso da pesquisa em questão com trechos que transitaram do geoindicador escarpa de praia para a predominância da “linha de preamar” (Figura 15). Que pode ser indicativo de um padrão equilibrado e progradacional das praias de Aracaju. Paralelamente a aquisição desses dados é importante apresentar também a evolução da linha de costa, para constatação de sua tendência como será apresentado no próximo capítulo.

Figura 15: Comparação em percentuais dos indicadores da linha de costa, usados em 2013 e 2018

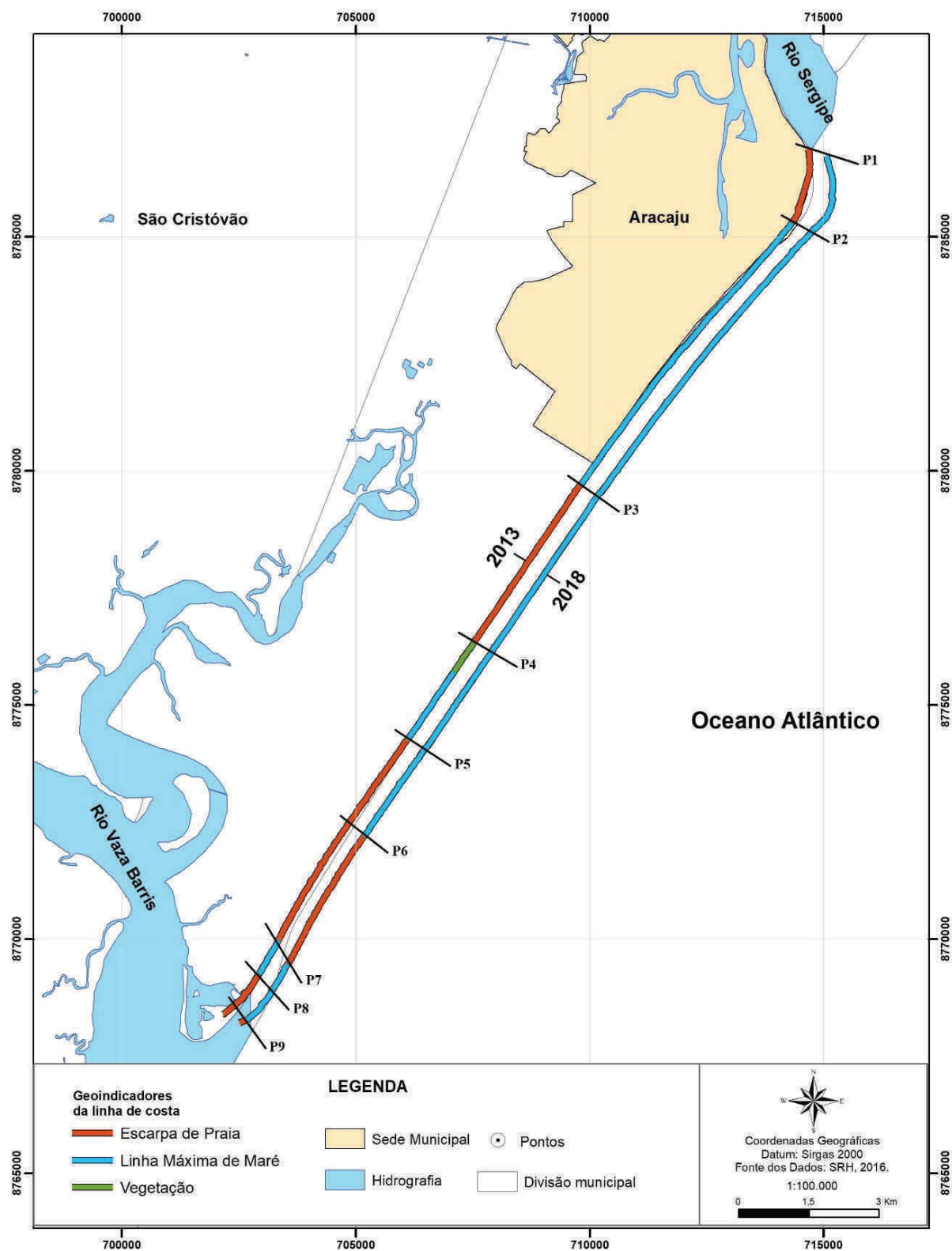


Fonte: Silva, 2019.

A diminuição de quase 40% da presença do geoindicador da linha de costa e também geoindicador erosivo (escarpa de praia) em 5 anos, reflete os resultados da análise multitemporal que serão apresentados no próximo capítulo. Sendo assim, a inexistência da escarpa de praia em 85% do litoral aracajuano, enfatiza a tendência progradacional e equilibrada das praias do litoral aracajuano.

A análise da evolução dos geoindicadores diferencia-se em alguns casos, dos trechos apresentados no mapa de situação da linha de costa do próximo capítulo, mas em linhas gerais atestam o padrão equilibrado e progradante do litoral (Figura 16).

Figura 16: Mapa comparativo dos geoindicadores da linha de costa usados em 2013 e 2018



Fonte: Silva, 2019.

Com a comparação das linhas na figura 16, é possível observar ainda que alguns trechos da praia não sofreram alteração do indicador como os trechos: P2-P3 que abrange as praias de

Atalaia e Aruanda, que prevaleceu o indicador linha máxima da maré (Figura 17). Essas praias, principalmente a praia de Atalaia que possui pós-praia larga, vegetação bem desenvolvida e dunas frontais, possuem maior grau de resistência e resiliência aos eventos erosivos (MOTA, 2017).

Figura 17: Praia de Atalaia, (A) sentido S-N e (B) sentido N-S



Fonte: Acervo de Daniel Gomes, 2018.

A significativa presença de dunas frontais exerce um papel importante para a qualidade ambiental das praias. Segundo Carter (1988) são responsáveis pela redistribuição de areia para a praia durante e depois das tempestades, essas trocas assimétricas das duas unidades são fundamentais para manter sua estabilidade morfológica e a densidade ecológica. A Resolução CONAMA N° 341/2003 (MMA, 2003), em seu Art. 1° considera que as dunas têm um papel muito importante na dinâmica costeira, incluindo o controle do processo erosivo, a formação e recarga de aquíferos, além da sua importância para o turismo por sua beleza cênica e paisagística.

Tecnicamente, as dunas exercem papel muito importante para o equilíbrio dinâmico da praia, pois são elas que fornecem sedimento, através da ação do vento para a praia e vice-versa. É o balanço sedimentar quem determina esse equilíbrio entre perda e ganho de sedimentos. Quando o balanço é positivo, prevalece o ganho de sedimentos e a praia está em acresção, mas quando o balanço é negativo, ocorrendo mais perda do que ganho de sedimentos, a praia é determinada em estado de erosão (SOUZA et al., 2005).

O trecho P6-P7, localizado na praia do refúgio que apresenta dunas escapadas descontínuas, mas constante por 3,252 km. Nesse setor, como já foi exposto no capítulo



anterior, essa área apresenta uma divergência no padrão de deriva litorânea apresentado por Rodrigues (2014), pois quanto menor a disponibilidade de sedimentos, maior a possibilidade de ocorrer processos erosivos e consequentemente variações morfodinâmicas do perfil de praia (Figura 18).

Figura 18: Dunas escarpadas, praia do Refúgio



Fonte: Silva, 2019.

Também o trecho P7-P8 prevaleceu o geoindicador linha máxima de maré, evidenciando o padrão progradante apresentado no mapa de situação do capítulo anterior. No levantamento de campo em 2018 foi possível perceber a recuperação (progradação) da praia, frente a eventos erosivos anteriores já que a linha máxima de maré não atingi a rodovia José Sarney, parcialmente destruída pela erosão e em alguns trechos apresenta sedimentos depositado com dunas frontais que avançam sobre a pista (Figura 19). É também o caso da praia da Coroa do Meio, que transitou por cenários erosivos e hoje desfruta uma excelente faixa de areia que cresceu 277 m<sup>2</sup> em cinco anos, proporcionando lazer e atividades econômicas de forma segura, por hora, para turistas e moradores (Figuras 20).



Figura 19: Rodovia José Sarney, parcialmente destruída na praia do Mosqueiro



Fonte: Acervo de Daniel Gomes, 2018.

Figura 20: Praia da Coroa do Meio, sentido N-S



Fonte: Adaptado do acervo de Daniel Gomes, 2018.

Tendo em vista que a escarpa de praia é também um geoindicador erosivo, foi possível avaliar a evolução desse indicador especificamente. E ao comparar os geoindicadores referentes ao ano de 2013 com os presentes em 2018 ao longo das praias de Aracaju, foi possível atestar que essa evolução reflete a tendência geral das praias nos últimos cinco anos.

## 5 AS OSCILAÇÕES DA LINHA DE COSTA

Os processos resultantes das oscilações da linha de costa como, a erosão e progradação costeira. Podem ser considerados inerentes e natural do sistema praial, quando relacionados principalmente a fatores oceanográficos e climáticos. No entanto, quando associados as intervenções antropogênicas no sistema costeiro em qualquer escala, desde ocupação do próprio sistema praial, como ocupações próximas a linha de costa, até usos em áreas responsáveis pelo aporte de sedimentos para a faixa de praia. Podem trazer impactos socioambientais negativos que afetem estruturas de casas, vias e consequentemente a qualidade de vida da população.

Compreendida a alta complexidade dos processos que envolvem a variabilidade espacial e temporal dos sistemas ambientais presentes na planície costeira, é indiscutível que para a compreensão de sua dinâmica e evolução, sejam usados produtos e tecnologias capazes de acompanhar essas variações no espaço e no tempo. Nessa perspectiva, esse capítulo apresenta os resultados da análise multitemporal das oscilações da linha de costa de Aracaju mapeadas com o uso de DGPS nos anos de 2013 e 2018.

### 5.1 Situação da Linha de Costa de Aracaju

Através da análise multitemporal das linhas geradas (2013 e 2018), os trechos onde ocorreram recuo da linha de costa atual, foram considerados em processo erosivo; os trechos onde a linha de costa avança em direção ao mar, foram considerados pragraadacionais; já os trechos que apresentaram variações igual ou inferior a 5 m foram considerados em equilíbrio dinâmico.

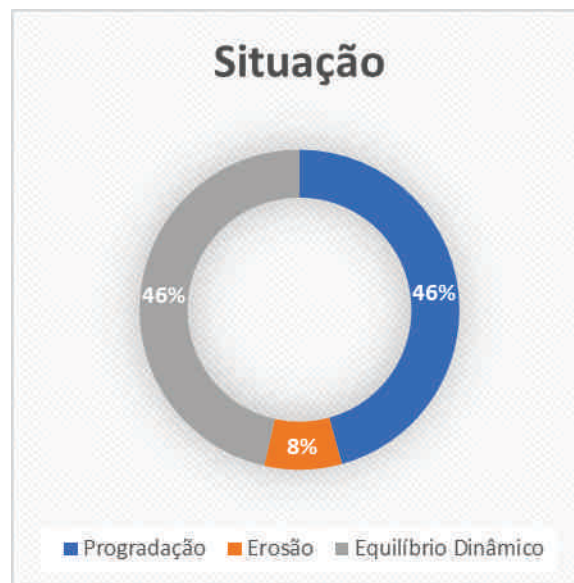
Os estudos de longo prazo sobre a evolução da linha de costa no Estado de Sergipe apontam para um padrão progradante desde 5.100 anos A.P. (antes do presente) (BITTENCOUT *et al.*, 1983; DOMINGUEZ; BITTENCOUT; MARTIN, 1992). Porém, os estudos em médio prazo apresentam setores em progradação, erosão e equilíbrio, com destaque para os setores diretamente influenciados pelas desembocaduras fluviais por ser de maior variabilidade (OLIVEIRA, 2003; BITTENCOUT *et al.*, 2006; RODRIGUES, 2008; DOMINGUEZ *et al.*, 2018).

Para Dominguez (2018), as praias do litoral de Aracaju são classificadas em duas categorias: Delta de Maré Vazante em situação de erosão e/ou progradação, são praias

diretamente influenciadas pelas desembocaduras dos rios Sergipe e Vaza Barria; e as demais praias em situação de equilíbrio aparente.

Para o recorte espaço-temporal e metodologia desse trabalho, os resultados atestam em parte a situação proposta por Daminguez (2018). Os resultados mostraram que dos 22,912 km de extensão do litoral, 92% apresentam tendência equilibrada e progradante. Em equilíbrio, foram mapeados 10,642 km que correspondem a 46% da linha de costa. Em progradação são 10,476 km, que também correspondem a cerca de 46%. E a parcela restante de 8% da linha de costa em processo erosivo com 1,794 km de extensão (Figuras 21 e 22).

Figura 21: Gráfico de situação resultante das oscilações da linha de costa entre os anos 2013 e 2018.



Fonte: Silva, 2019.

Entre a foz do rio Sergipe a norte e foz do rio Vaza Barris ao Sul, dos 46% do litoral em situação de progradação ocorrem quatro trechos distintos: P1-P2, P4-P5, P6-P7 e P8-P9; os outros 46% em situação de equilíbrio dinâmico estão distribuídos em três trechos distintos: P3-P4, P5-P6 e P7-P8; e por fim, os 8% em situação de erosão ocorrem em dois trechos apenas: P2-P3 e P9-P10 (Figura 22).

Figura 22: Mapa de situação a linha de costa no litoral de Aracaju



Fonte: Silva, 2019.

Na tabela abaixo é possível sintetizar a ordem de trechos mapeados, organizados no sentido N-S do litoral, a situação de cada trecho, sua extensão em quilômetros e os valores em metros quadrados de área perdida ou acrescida a faixa de areia das praias estudadas (Tabela 4).

Tabela 4- Tabela de situação e valores de extensão e área dos trechos mapeados

TRECHOS	SITUAÇÃO	EXTENSÃO (km)	AREA (m <sup>2</sup> )
P1-P2	Progradação	2,352	236.092,86
P2-P3	Erosão	1,593	25.893,98
P3-P4	Equilíbrio	1,409	-
P4-P5	Progradação	6,008	172.139,27
P5-P6	Equilíbrio	9,036	-
P6-P7	Progradação	0,875	5.454,66
P7-P8	Equilíbrio	0,197	-
P8-P9	Progradação	1,241	8.834,41
P9-P10	Erosão	0,201	2.936,25

Fonte: Silva, 2019.

A coluna referente a ‘situação’ na T (4), refere-se à evolução da linha de costa durante o recorte temporal da pesquisa, ou seja, dos últimos cinco anos. Os trechos em que a linha de costa de 2018 avançou em direção ao mar, em comparação a linha de 2013, estes então em situação de progradação. Os trechos com recuo da linha de costa atual em direção ao continente, são os que se encontram situação de erosão. Quando, durante a análise multitemporal das linhas, estas se apresentavam sobrepostas ou com recuou e avanços pouco representativo, seus trechos foram classificados em situação de equilíbrio.

## 5.2 Progradação

### 5.2.1 Trecho P1-P2

Dos quatros trechos em predomínio de progradação mapeados, o primeiro trecho entre P1 e P2 (Figura 23), associado a desembocadura do rio Sergipe é o que chama maior atenção por seus números, que apesar de ter apenas 2,352 km de extensão, teve 236.092,86 m<sup>2</sup> de área



acrescida entre 2013 e 2018, sendo o trecho de maior oscilação da linha de costa como pode ser constatado pelos valores da Tabela 1. Nesse trecho o valor de avanço da linha de costa em direção ao mar chega a alcançar 227 m (Figura 23).

Figura 23- Imagem representativa da distância máxima em metros entre as linhas de costas referente aos anos 2013 e 2018 no litoral de Aracaju



Fonte: Google Earth Pro, organização da autora.

A alta dinamicidade desse trecho lhe confere competência para tais valores, a título de comparação, as linhas geradas foram sobrepostas a imagem do ano de 2013 (Figura 24B). É importante ressaltar que para esse trecho foram usados geoindicadores diferentes para cada ano como foi apresentado no capítulo anterior. Em 2013 o geoindicador escarpa de praia presente nessa área, provavelmente evidenciava naquela ocasião resquícios de eventos erosivos anteriores a 2013 (Figura 25), já que nos anos posteriores até a coleta de dados em abril de 2018 está praia esteve em processo contínuo de progradação. Por outro lado, não é possível dizer que este padrão progradante prevalecerá para os próximos anos. É possível perceber na figura 24A que a linha de costa referente ao ano de 2011 está bem alinhada ao limite entre a areia seca e molhada na imagem do Google Earth Pro.

Figura 24- Comparação das linhas de costa geradas sobre as imagens do Google Earth dos anos 2011 e 2013



Fonte: Silva, 2019.

Figura 25: Fotos da destruição de bares e barracas na praia dos Artistas na Coroa do meio, em 2011.



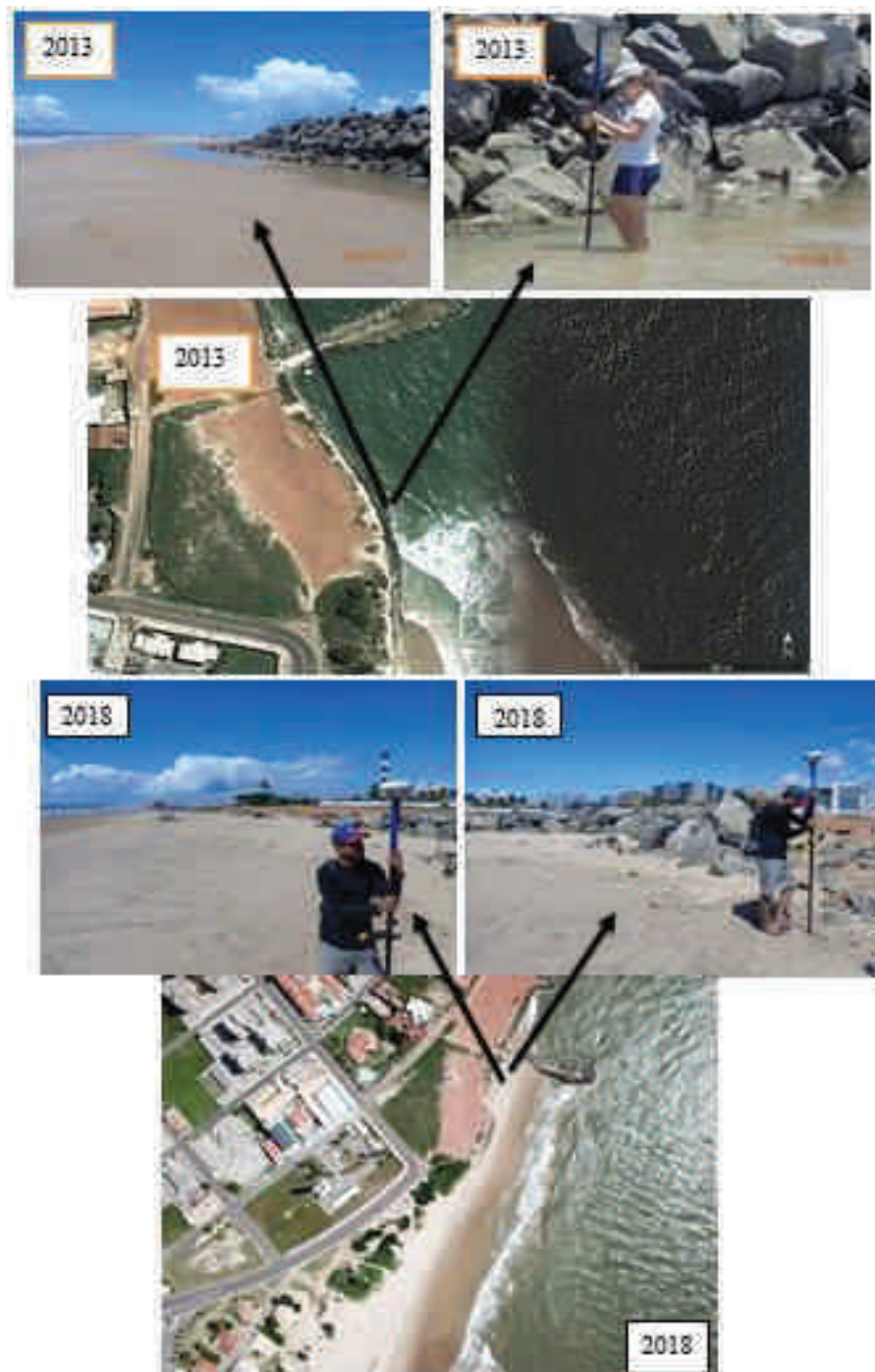
Fonte: Santos, 2012.

O rio Sergipe está submetido as dinâmicas consequentes do rearranjo dos bancos de areia no delta de maré vazante em sua desembocadura, onde ocorrem os processos autocíclicos (construção e abandono de sub-deltas de maré vazante) ou alocíclicos (variações na intensidade e sentido da deriva longitudinal, promovida pelas ondas) que resultam deslocamentos laterais



na posição do talvegue da desembocaduras e canais de maré vazante. Estas mudanças provocam erosão ou progradação nas laterais da desembocadura (DMINGUEZ et al, 2018). A figura 26 serve como demonstração da rápida recuperação da faixa de areia nos últimos cinco anos da praia dos artistas do bairro Coroa do Meio na desembocadura do rio Sergipe.

Figura 26: Recuperação da faixa de areia em um ponto da praia dos Artistas na Coroa do Meio



Fonte: Silva, 2019.

Segundo Mota (2018), o grande acúmulo de sedimentos à barlamar (*updrift*) na desembocadura do rio Sergipe que se enquadrrou como delta de maré-vazante, está principalmente relacionado a direção predominante do transporte longitudinal na área que é NE para SW.

Souza (2016), não conseguiu estabelecer uma análise de resistência e resiliência para a desembocadura do rio Sergipe com parâmetros físicos como condicionantes. Portanto, não existem garantias que esse padrão progradante permaneça para os próximos anos. E os estudos realizados por Santos (2012) apontaram que para além das derivações antropogênicas, por consequência das mudanças no talvegue do rio Sergipe associadas à dinâmica dos deltas de maré vazante, toda a margem direita de sua desembocadura sofreu com processos erosivos em médio prazo. Essas derivações antropogênicas serão abordadas no capítulo 6.

#### 5.2.2 Trecho P4-P5

O segundo trecho em progradação entre P4-P5, ocorre por 6,008 km de extensão na praia da Aruanda, nesse trecho a praia cresceu 172.139,27 m<sup>2</sup>, chegando a alcançar 59 m de oscilação entre as linhas geradas em um ponto a 630 m à sul do Terminal de Petróleo da Petrobras (TECARMO) Aracaju (Figura 27).

Figura 27- Imagem representativa da distância máxima em metros entre as linhas de costas referente aos anos 2013 e 2018 para o trecho entre P4 e P5.



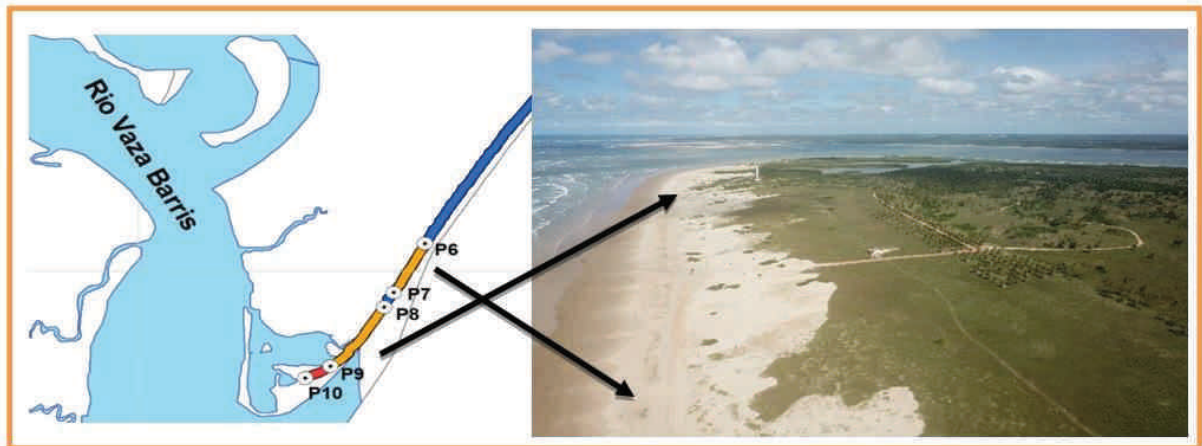
Fonte: Silva, 2019.

Segundo Mota (2017), a Praia da Aruanda esta inserida em um setor de pequenas variações sazonais da LC. A autora verificou ainda, que entre os anos de 1965 e 1978 ocorreu um recuo na Praia da Aruanda, mas desde então tem apresentado pequenas progradações até 2014.

### 5.2.3 Trechos P6-P7 & P8-P9

Os terceiro e quarto trechos em progradação estão localizados na praia do Mosqueiro e são diretamente associados a desembocadura do rio Vaza Barris. Esses trechos possuem menores extensões e pouca área acrescida. Entre P6-P7 a praia cresceu 5.454,66 m<sup>2</sup> para 0,875 km de extensão e de P8 a P9 são 1,241 km para 8.834,41 m<sup>2</sup> de crescimento de praia (Figura 28).

Figura 28- Imagem demonstrativa para a localização dos trechos P6-P7 e P8-P9 na praia do Mosqueiro.



Fonte: Silva, 2019.

Este crescimento ocorreu devido a dinâmica dos agentes fluviomarinheiros atuantes na desembocadura do rio Vaza Barris, que geram mudanças e contínua migração do canal para o delta de maré vazante. Essas mudanças têm resultado no deslocamento da barra arenosa para sul. Bittencout; Dominguez e Oliveira (2006), classificou a área como de elevada variabilidade.

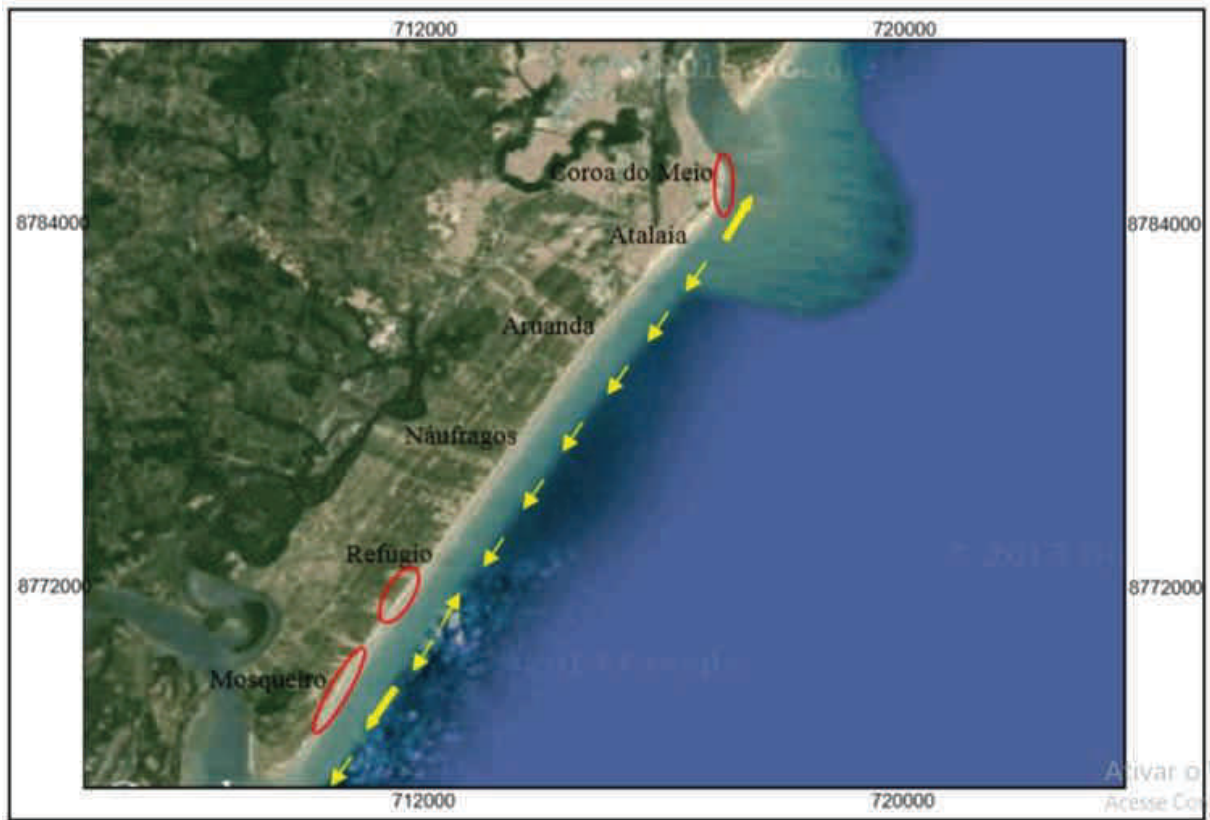
### 5.3 Erosão

Segundo Bird (1981), por perda de areia para duna, plataforma continental ou deriva litorânea, as linhas de costa do mundo todo, principalmente as do litoral brasileiro de costas ligadas a antigas planícies litorâneas, holocênicas e progradantes, estariam em retrogradação (reco).

Souza (1997), estudando as praias paulistas percebeu que as causas de erosão costeira de curto e até longo prazo, estavam diretamente relacionadas a modificação na dinâmica de circulação de células de deriva litorâneas, seja por causas naturais ou intervenções antrópicas.

Ao estudar as correntes costeira e transporte litorâneo das praias de Aracaju, Rodrigues (2014), apontou duas áreas de divergências na direção de transporte de sedimentos (Figura 29).

Figura 29- Sentido do transporte médio líquido de sedimentos e as principais zonas de erosão (círculos vermelhos) no litoral do município de Aracaju, Sergipe.



Fonte: Rodrigues, 2014.

Foram mapeados dois setores de divergências direcionais do transporte de sedimentos. Um entre as praias do Mosqueiro e Refúgio, e outro da praia da Coroa do Meio como principal causa aparente para a ocorrência dos processos erosivos ocorridos ao longo do litoral de Aracaju (Rodrigues, 2014)

### 5.3.1 Trecho P2-P3

O primeiro trecho em processo erosivo do litoral de Aracaju está localizado na praia de Atalaia, possui 1,593 km de extensão com recuo da linha de costa de até 20 m que foi calculado em um ponto defronte os arcos da orla, esse recuo desencadeou a perda de 25.893,98 m<sup>2</sup> faixa de areia (Figura 30).



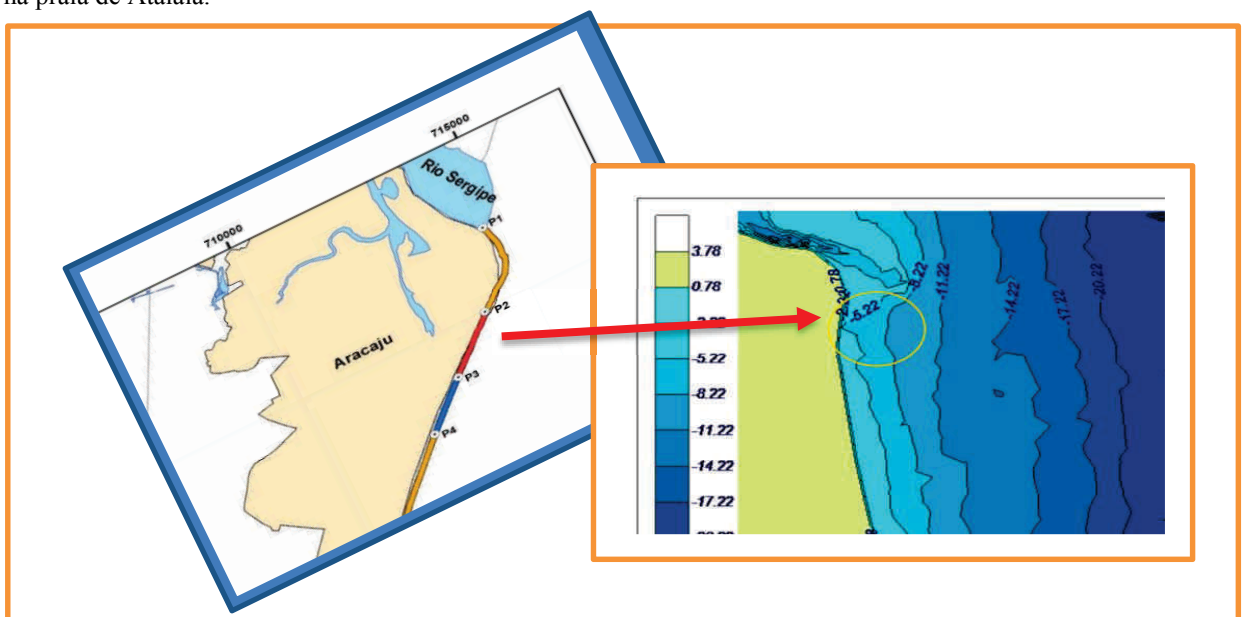
Figura 30- Imagem representativa da distância máxima em metros entre as linhas de costas referente aos anos 2013 e 2018 para o trecho entre P2 e P3.



Fonte: Silva, 2019.

Os resultados de batimetria da plataforma continental apresentados por Rodrigues (2014), apontam uma aproximação da isóbada de 5,22 m até a linha de costa na praia de Atalaia que segundo a autora, cria uma espécie de “corredor”, permitindo que as ondas com maiores alturas alcancem a linha de costa (Figura 31).

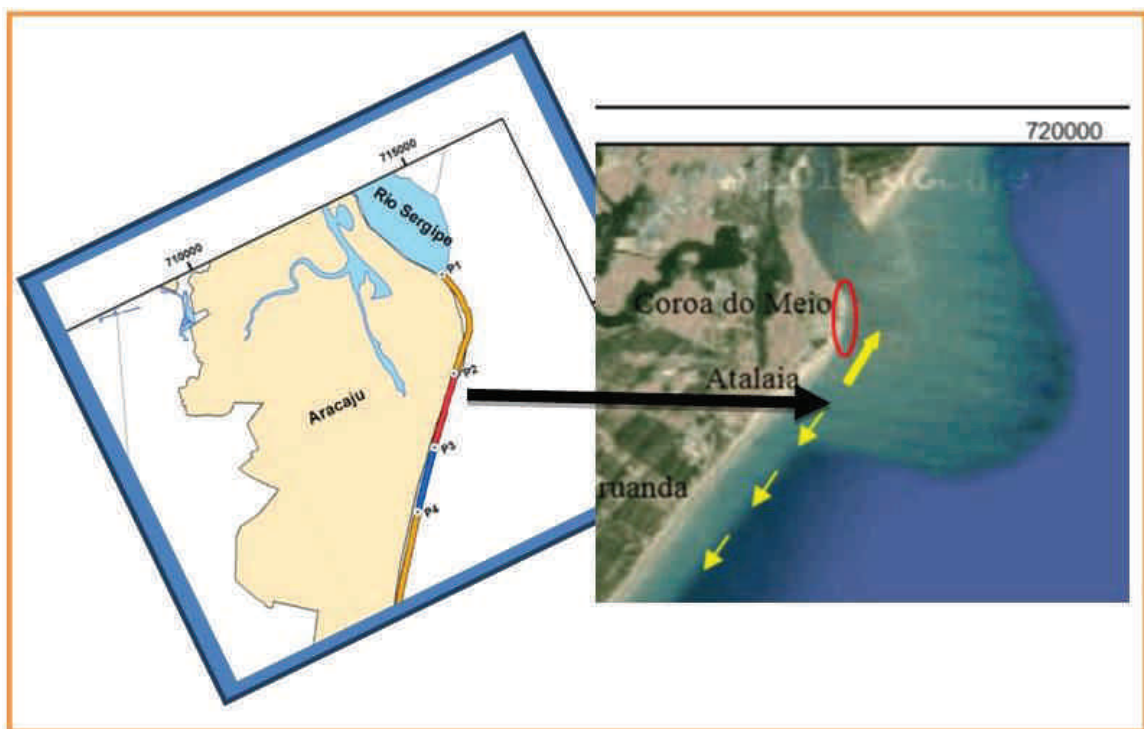
Figura 31: Imagem demonstrativa da localização da isóbada de 5,22m no mapa de situação entre os trechos P2-P3 na praia de Atalaia.



Fonte: Organização da autora.

Esse “corredor” pode ser relacionado com o padrão erosivo da área, já que as correntes que transportam água e sedimentos na costa, são uma combinação da arrebentação das ondas com seus gradientes de altura e incidência oblíqua da mesma, e que quanto maior a intensidade da corrente, maior o volume e tamanho dos sedimentos que podem transportar, ou seja, maior seu poder erosivo. Além do “corredor”, Rodrigues (2014), também apresenta uma zona de divergência na direção do transporte de sedimentos para essa região que podem se somar para justificação da presença do padrão erosivo na área (Figura 32).

Figura 32- Imagem demonstrativa da localização da zona de divergência na direção do transporte de sedimentos no mapa de situação entre os trechos P2-P3 na praia de Atalaia.



Fonte: Organização da autora

Em contrapartida, ao avaliar a suscetibilidade à erosão e resiliência das praias de Aracaju, Mota (2017), encontrou uma peculiaridade porque ao passo que a praia de Atalaia apresenta a maior resiliência entre as praias estudadas, também apresentou suscetibilidade muito alta à erosão. Segundo a autora, mesmo submetida a eventos erosivos essa praia apresenta elevado poder de resiliência pela eventual remobilização de sedimentos erodidos nas adjacências da desembocadura do rio Sergipe e por anexação de bancos de arenosos submersos à costa que alimentam a praia com sedimentos.

### 5.3.2 Trecho P9-P10

Esse trecho está diretamente relacionado a desembocadura do rio Vaza Barris, possui 0,201 km de extensão e apresentou para o recorte temporal estudado uma perda de área de 2.936,25 m<sup>2</sup> (Figura 33).

Figura 33 - Imagem demonstrativa para a localização dos trechos P9-P10 na praia do Mosqueiro.



Fonte: Organização da autora

Segundo Souza (2016), a desembocadura do rio Vaza Barris, assim como ocorre na desembocadura do rio Sergipe, são submetidos as dinâmicas estuarinas e dinâmica de delta de maré vazante que condicionam as modelagens de suas fozes a partir de processos de transpasse de sedimentos. Ainda segundo a autora, as mudanças da linha de Costa nesse contexto são influenciadas pelos agentes flúviomarinheiros, ou seja, o fluxo fluvial mais a dinâmica dos deltas de marés vazantes, promovem ora a progradação ora a erosão costeira.

## 5.4 Equilíbrio Dinâmico

Os trechos em equilíbrio dinâmico correspondem a 46% da situação da linha de costa, significa que para esse recorte espaço-temporal os trechos não tiveram avanços e recuos significativos. Dos três mapeados, o primeiro, entre P3 e P4 possui 1,409 km de extensão na porção mais ao sul da praia de Atalaia. Entre P5 e P6, são 9,036 km de extensão, que abrigam as praias do Robalo, Refúgio e Náufragos (Figura 34). Entre P7 e P8, trecho associado a foz do



rio Vaza Barris com 0,197 km de extensão num total de 10,642 km de praias em situação de equilíbrio.

Figura 34: Visão aérea do trecho P5-P6, praias em equilíbrio.



Fonte: Acervo Daniel Gomes, 2018.

O trecho P5-P6 abriga as praias do Robalo, Refúgio e Náufragos. Que assim como a praia da Aruana, segundo Mota (2017), apresentam pequenas variações sazonais no posicionamento da linha de costa, ou seja, estão em “equilíbrio dinâmico” representado por fases de erosão durante o inverno e fases de acumulação de sedimentos durante o verão. Essas fases possuem certa simetria que garante um perfil equilibrado ao longo do ano.

## 6 DERIVAÇÕES ANTROPOGÊNICAS NO LITORAL ARACAJUANO

A região litorânea é sem dúvidas um dos principais assuntos na imprensa, pois é nessa unidade ambiental onde ocorrem as principais atividades econômicas, tais como a exploração de gás e petróleo na plataforma continental, ocupação do solo, seja ela organizada ou não, turismo, entre outras atividades que exploram seus recursos naturais. Os prejuízos socioeconômicos decorrentes dos impactos negativos, as construções instaladas de forma inadequada sobre área dinâmica das praias, atraíram a atenção de pesquisadores e políticos para o debate sobre a situação das cidades litorâneas e sua gestão costeira.

“A atividade humana pode ser considerada como um fator externo que perturba e altera os sistemas naturais em muitas situações, é óbvia a incompatibilidade dessas alterações com os processos espaço-temporais que caracterizam os sistemas costeiros” (PEREIRA, 2010).

### 6.1 Tipos de Intervenções e suas Principais Consequências

Para além dos agentes naturais, um dos principais fatores que controlam as zonas costeiras são as atividades humanas (Tabela 5). A exemplo das dragagens, mineração, construção de barragens, estruturas de proteção costeira, extração de fluidos como água, petróleo e gás.

Tabela 5- Causas antrópicas da erosão, efeitos e processos associados.

Causas Antrópicas	Fatores e Processos associados
Urbanização da orla, com destruição de dunas e/ou impermeabilização de terraços marinhos holocênicos e eventual ocupação da pós-praia.	Essas intervenções causam processos erosivos diretos, por eliminarem um dos estoques sedimentares da praia e interferirem na circulação de correntes costeiras, principalmente durante as ressacas e preamares de sizígia em algumas praias.
Implantação de estruturas rígidas ou flexíveis, paralelas ou transversais à linha de costa: espigões, molhes de pedra, enrocamentos, píeres, quebra-mares, muros, anteparos em pedra, etc., para “proteção costeira” ou contenção/mitigação de processos erosivos costeiros ou outros fins; canais de drenagem artificiais.	Espigões (de pedra ou bolsa-roca), enrocamentos guias-correntes, canais de drenagem, anteparos e muros/muretas (pedra, concreto e outros materiais), gabiões e quebra-mares interferem na circulação de correntes costeiras, pois modificam o ângulo de incidência das ondas, alteram o perfil praiar e o regime sedimentar. Em geral, elas intensificam os problemas erosivos. Recifes artificiais implantados na plataforma continental interna rasa também podem modificar o clima de ondas, o padrão de refração das ondas incidentes e estacionárias, causando modificação no perfil praiar, inversões nas células de deriva litorânea e erosão praiar
Armadilhas de sedimentos associadas à implantação de estruturas	As estruturas artificiais não paralelas à linha de costa são efetivas armadilhas de sedimentos, pois interrompem as correntes

artificiais, provocadas pela interrupção de células de deriva litorânea e formação de pequenas células	de deriva litorânea, dividindo a célula original em duas células de deriva litorânea menores. Haverá acumulação de sedimentos à barlar da estrutura ( que na verdade passa a ser a zona de sotomar de uma das novas células) e erosão interna à sotomar da estrutura (que passa a ser zona de barlar da outra nova célula)
Retirada de areia de praia por: mineração e/ou limpeza pública, resultando em déficit sedimentar na praia e/ou praias vizinhas.	Causa erosão na praia local e em praias vizinhas, alterando o balanço sedimentar das mesmas.
Mineração de areias fluviais e desassoreamento de desembocaduras; dragagens em canais de maré e na plataforma continental	Alteram o balanço sedimentar regional e desencadeiam processos erosivos nos sistemas fluvial, estuário e lagunar e nas praias. Por outro lado, podem aumentar o aporte de sedimentos no sistema costeiro, pelo menos momentaneamente.
Conversão de terrenos naturais da planície costeira em áreas urbanas (manguezais, planícies fluviais e lagunares, pântanos e áreas inundadas) provocando impermeabilização dos terrenos e mudanças no padrão de drenagem costeira (perda de fontes de sedimentos).	Essas modificações causam desequilíbrios no balanço sedimentar regional, aumentando os processos erosivos no sistema costeiro e, conseqüentemente nas praias. Além disso, muitos desses terrenos passam a ser suscetíveis a inundações.
Balanço sedimentar negativo decorrente de intervenções antrópicas.	O déficit de sedimentos em uma praia pode ser causa e efeitos dos processos erosivos. Todos os fatores antrópicos citados acima também induzem ao balanço sedimentar negativo das praias.

Fonte: Souza et al 2005.

No entanto, serão especificados aqui, apenas as principais causas e mais estudados para o litoral de Aracaju.

### 6.1.1 Ocupação do Litoral

Com o advento da "descoberta" das potencialidades turísticas do litoral, assiste-se, à construção de edifícios e infraestruturas de suporte, muitas vezes de forma desordenada e sem levar em consideração os processos morfodinâmicos que envolvem o ambiente costeiro. Desde então as várias intervenções antrópicas, causaram interferências na evolução costeira natural, originando efeitos adversos devido à forte pressão urbana e turística, sobre as praias e dunas, pela abertura de novos acessos, crescimento desarticulado e a degradação de formas litorâneas (BOTO ET AL., 1997).

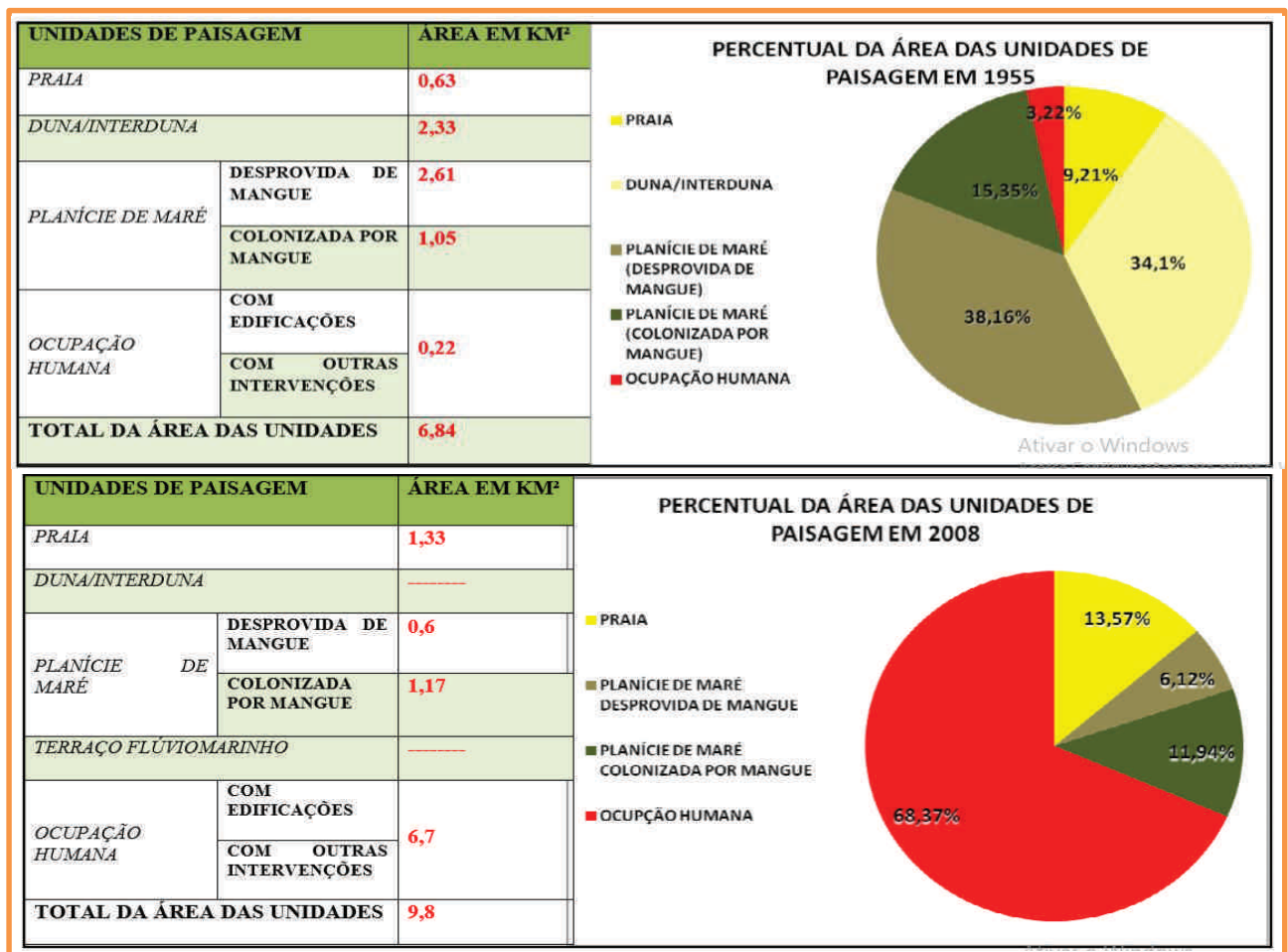
Segundo Muehe (2001), a supressão da vegetação costeira, dunas frontais e construção de edificações sobre a orla, tem interferido no processo de transporte sedimentar, eólico e marinho, provocando desequilíbrio no balanço sedimentar e conseqüentemente na estabilidade

da linha de costa. Esse desequilíbrio é uma motivação para a ocorrência de erosão, trazendo sérios prejuízos socioeconômicos para as cidades litorâneas.

Uma das principais unidades a sofrer degradação ambiental com o processo de ocupação do litoral são as dunas costeiras e ambientes estuarinos, e o caso da área de estudo em questão não foge à regra geral. As áreas do município de Aracaju que nos anos de 1950 eram ocupadas apenas por mangues e dunas, foram paulatinamente sendo substituídos por construções que conseqüentemente aumentaram a impermeabilidade dos solos, sem qualquer análise básica das possíveis conseqüências dessas alterações.

Santos (2012), ao estudar a evolução das unidades da paisagem dos bairros Atalaia e Coroa do Meio, mostrou que as unidades dunas/interdunas e planície de maré foram drasticamente descaracterizadas e, substituídas pela urbanização entre os anos 1955 a 2008. A unidade dunas/interdunas foi a que sofreu maior degradação e hoje pode-se considerar praticamente extinta (Figura 35).

Figura 35: Evolução da área das unidades da paisagem da Cora do Meio e Atalaia, entre os anos 1955 a 2008



Fonte: Santos, 2012.

As dunas costeiras desempenham um papel muito importante para as zonas costeiras. Os campos de dunas móveis fornecem sedimentos para a faixa de praia gerado pela atividade eólica. Porém, atividades como o extrativismo, loteamentos indiscriminados, o desmonte para implantação de megaestruturas, tornou essa unidade altamente vulnerável pela instabilidade de sua evolução. Já as dunas fixas têm grande potencial na formação de lençóis freáticos e possuem restrições legais à ocupação, mas se tornou uma prática comum na área nas diversas formas de uso pela falta de informação ou descumprimento da lei. Além da importância para a geodinâmica e qualidade ambiental da zona costeira, as dunas litorâneas são um dos principais atrativos turísticos, por sua beleza cênica. “Trata-se sob o ponto de vista de potencialidades de utilização do geofácio dotado de maior beleza cênica e que compõe o mais importante patrimônio paisagístico dentre as unidades geoambientais litorâneas” (SOUZA, 1999).

Nas praias de Aracaju a substituição das unidades naturais, a exemplo de dunas, cordões litorâneos, lagoas e manguezais, por áreas antropizadas e/ou urbanizadas, manifesta um cenário de perigos associados a alteração da estruturação da paisagem. Assim, as modificações ocorridas pela ocupação não planejada fizeram surgir e potencializar os riscos associados aos alagamentos e erosão costeira (MOTA, 2016).

O “Monitoramento Ambiental Integrado da Região Metropolitana do Recife”, concluiu que grande parte dos problemas erosivos são causados pela pressão da urbanização em direção ao mar e não necessariamente pelo avanço do mar em direção ao continente. Ao avaliar a vulnerabilidade costeira a partir da variável “deslocamento da linha de urbanização”, o estudo demonstrou que alguns locais com alta taxa de vulnerabilidade da linha de costa eram estáveis ou progradantes (MALLMANN; PONTES; ARAUJO, 2009). Ao que indica os estudos, os problemas erosivos nas praias de Aracaju também estão preferencialmente relacionados a pressão urbana em direção ao mar.

#### 6.1.2 Barragens

Funcionam como verdadeiras barreiras inibitórias do transporte fluvial. Construídas para o aproveitamento hidroagrícola e hidroelétrico, o fluxo do transporte fluvial perde competência ao atingir a barreira e acabam depositando os sedimentos mais grosseiros, esses sedimentos mais cedo ou mais tarde, iriam abastecer o litoral.

O rio São Francisco é um dos mais importantes do país e o principal do Estado de Sergipe. No entanto os sucessivos barramentos ao longo do seu curso têm ameaçado sua dinâmica fluvial. Desde a inauguração da usina de Xingó em 1994, a regularização da vazão do rio tem anulado seus grandes picos de vazão e descarga sólida no estuário, gerando consequentemente um déficit de sedimento em todo o litoral sergipano, principalmente em sua foz. De acordo com Bittencourt et al. (2010), o sentido da deriva efetiva no litoral sergipano é de NE/SW. O sentido da deriva litorânea efetiva no litoral sergipano contribui para a morfodinâmica das desembocaduras e na intensificação dos processos oceanográficos

Nesse contexto, os sedimentos lançados pelo rio em sua desembocadura são transportados pela deriva litorânea perpassando por todo o litoral Sergipano. Entretanto, nos últimos anos o protagonismo do rio São Francisco está declinando drasticamente. O rio tem sofrido com o assoreamento em seu curso, salinização, inclusive os pescadores locais encontram cada vez mais espécies marinhas de peixes no rio e problemas com erosão marinha. Segundo Dominguez et. al. (2016), A erosão no delta do São Francisco foi fruto da ação humana, uma vez que a diminuição na descarga sólida desse rio está diretamente relacionada à construção de suas grandes barragens.

Entre outras preocupações, pode-se destacar também, para o caso do rio Sergipe, a crescente diminuição de suas vazões. Sendo o fornecedor direto de sedimentos para as praias de Aracaju não possui barramentos ao longo do seu curso, mas ocorrem captação de água, entre outros usos diversos que tem impactado sua vazão. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) as vazões médias do rio Sergipe caíram de 8,09 m<sup>3</sup>/s para 2,44 m<sup>3</sup>/s nos últimos 45 anos (Tabela 6). Essa diminuição da vazão tem impacto direto no litoral de Aracaju, pois consequentemente diminui a descarga sólida do rio, diminuindo a carga de sedimentos para o sistema flúviomarinho em sua foz.

Tabela 6 – Vazão média do rio Sergipe nas proximidades das desembocaduras.

<b>Vasões Médias do Rio Sergipe em Décadas (m<sup>3</sup>/s)</b>	
1970	8,09
1980	6,32
1990	2,36

2000	2,52
1010-1015	2,44

Fonte: [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br).

### 6.1.3 Obras de Proteção Costeira

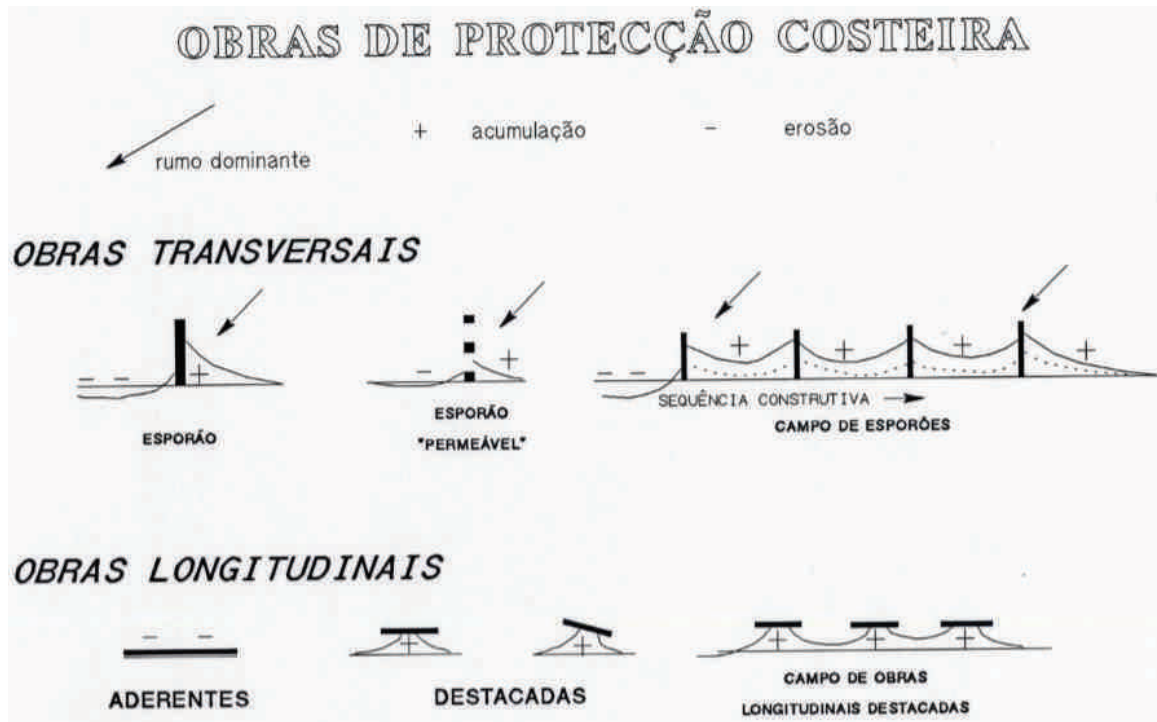
Em regra geral, todas os tipos de obras têm consequências para o litoral em que são implantadas. Fundamentalmente, se tratam de estruturas rígidas, estáticas, inseridas em um ambiente profundamente dinâmico com o objetivo principal de diminuir consideravelmente a dinamicidade de partes importantes do litoral.

As estruturas de contenção são comumente implantadas para tentar minimizar ou conter os impactos da erosão. Estas obras são implantadas em momentos de emergências para manter a infraestrutura urbana localizada nas proximidades da linha de costa. Embora providencie a proteção em curto prazo, elas representam áreas de instabilidade em cenários futuros (MENEZES, 2018).

A implementação de estruturas rígidas e a ocupação inadequada da planície costeira resultam no seu desequilíbrio do balanço sedimentar e sistema de drenagem que consequentemente impulsionam a erosão costeira de médio e longo período (SOUZA, 2009).

Basicamente, existem três tipos de obras de defesa costeira: *obras transversais* (como os esporões), *obras longitudinais aderentes* (como os paredões), e *obras destacadas* (como alguns quebra-mares) (Figura 36).

Figura 36: Tipos de obras de proteção costeira



Fonte: Gomes 1991.

- ✓ *As estruturas transversais* (tipo esporão): interrompem o trânsito litoral de areias, conduzindo a acumulação a barlar e a erosão mais intensa a sotamar. Quando a acumulação a barlar preenche o comprimento do esporão.

Com frequência outras edificações são colocadas em risco, devido à erosão que provocam a sotamar. Sendo assim, na maioria dos casos, não existe apenas um esporão, mas sim um campo de esporões (DIAS, 2005). Como é o caso de Aracaju, que possui uma sequência de esporões transversais no bairro Coroa do Meio (Figura 37).



Figura 37: Esporões da foz do rio Sergipe em Aracaju



Fonte: Acervo Daniel Gomes, 2018.

No caso de Aracaju esses espigões foram projetados e instalados as margens do rio Sergipe, nesse caso os espigões não estão submetidos as ondas frontais da costa, mas estão submissos aos processos fluviomarinhos que incluem a ação de ondas na área. Então, sua ação principal se refere a dissipação da energia da onda em direção as margens do rio. Segundo Holanda (2009), essa construção tem cumprido seu papel de proteção, no entanto, a variação diária das marés e força de fluxo e refluxo das ondas comprometem a durabilidade da estrutura, destacando a importância de sua constante manutenção.

## **6.2 Dinâmica de ocupação das praias aracajuana**

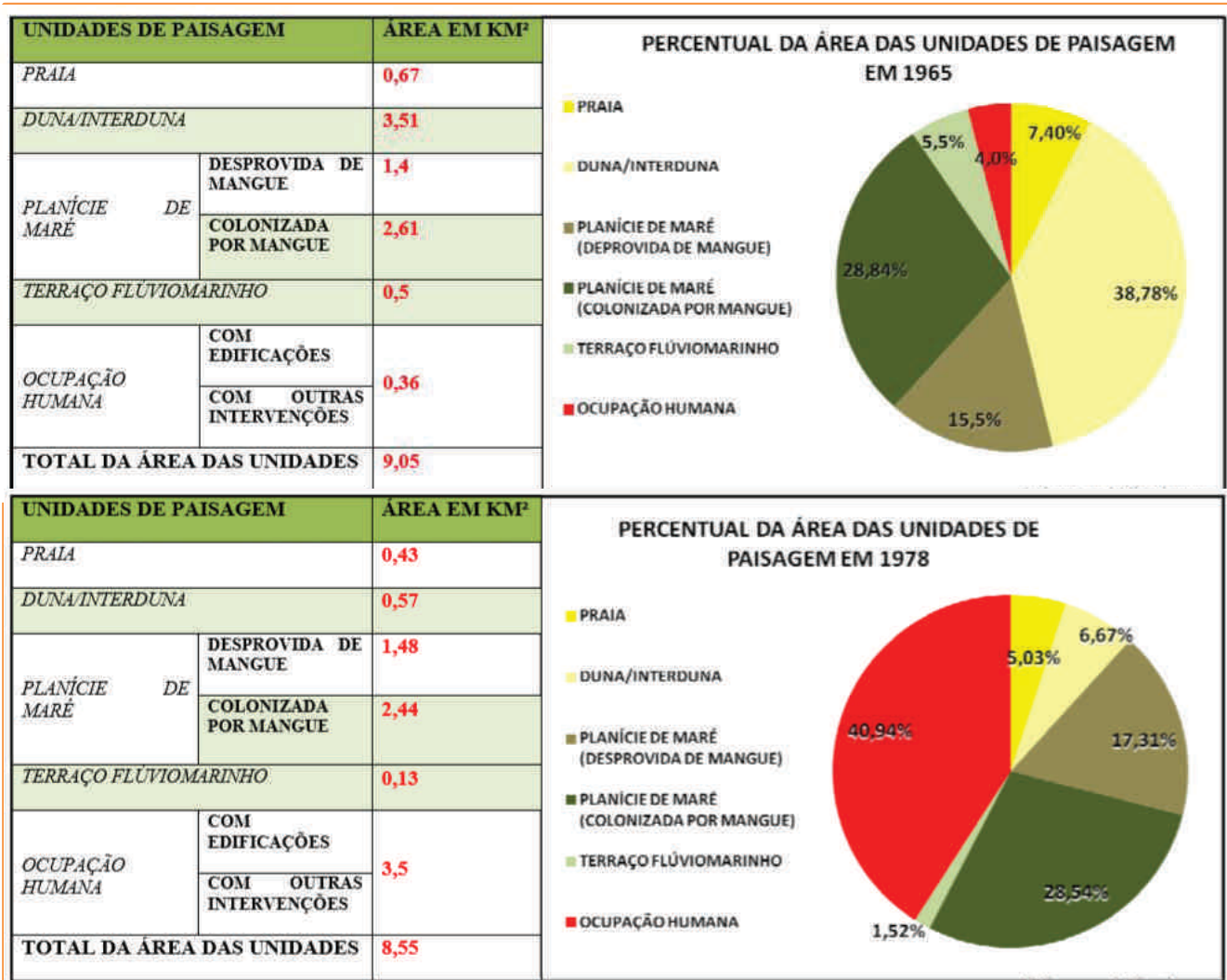
A evolução do litoral de Aracaju se deu como em qualquer praia sob influência dos agentes naturais do ambiente praial e também sob o regime da dinâmica das desembocaduras dos rios Sergipe e Vaza-barris. Com a necessidade da construção de um porto para o desenvolvimento da economia do Estado de Sergipe. A cidade de Aracaju se tornou a capital

do Estado em 1855. Desde então o processo de expansão da cidade de Aracaju se deu as margens do rio Sergipe e de seu estuário (NOGUEIRA, 2004).

Com o avanço do processo de ocupação, aterramentos e estruturas de contenções, além dos agentes naturais atuantes, soma-se a estes as readaptações dos processos atuantes e suas consequências para a estrutura natural da paisagem. A partir do incentivo de ações estatal e dos agentes imobiliários e construtoras, a frente litorânea de Aracaju começa a ser efetivamente ocupado em meados dos anos 1960. Num primeiro momento essa ocupação restringiu-se ao atual bairro Atalaia, área até então rural da cidade e conhecido como “povoado atalaia velha” (MOTA, 2017).

Com a expansão da urbanização em direção ao mar o povoado Atalaia Velha foi incorporado a malha urbana da cidade, durante as décadas de 60/70 se iniciou o processo de ocupação do bairro Coroa do Meio, nesse período a taxa de crescimento urbano foi bastante significativo (Figura 38), impulsionado por diversos investimentos, instalação massiva de infraestrutura e grandes projetos urbanísticos (Figura 39).

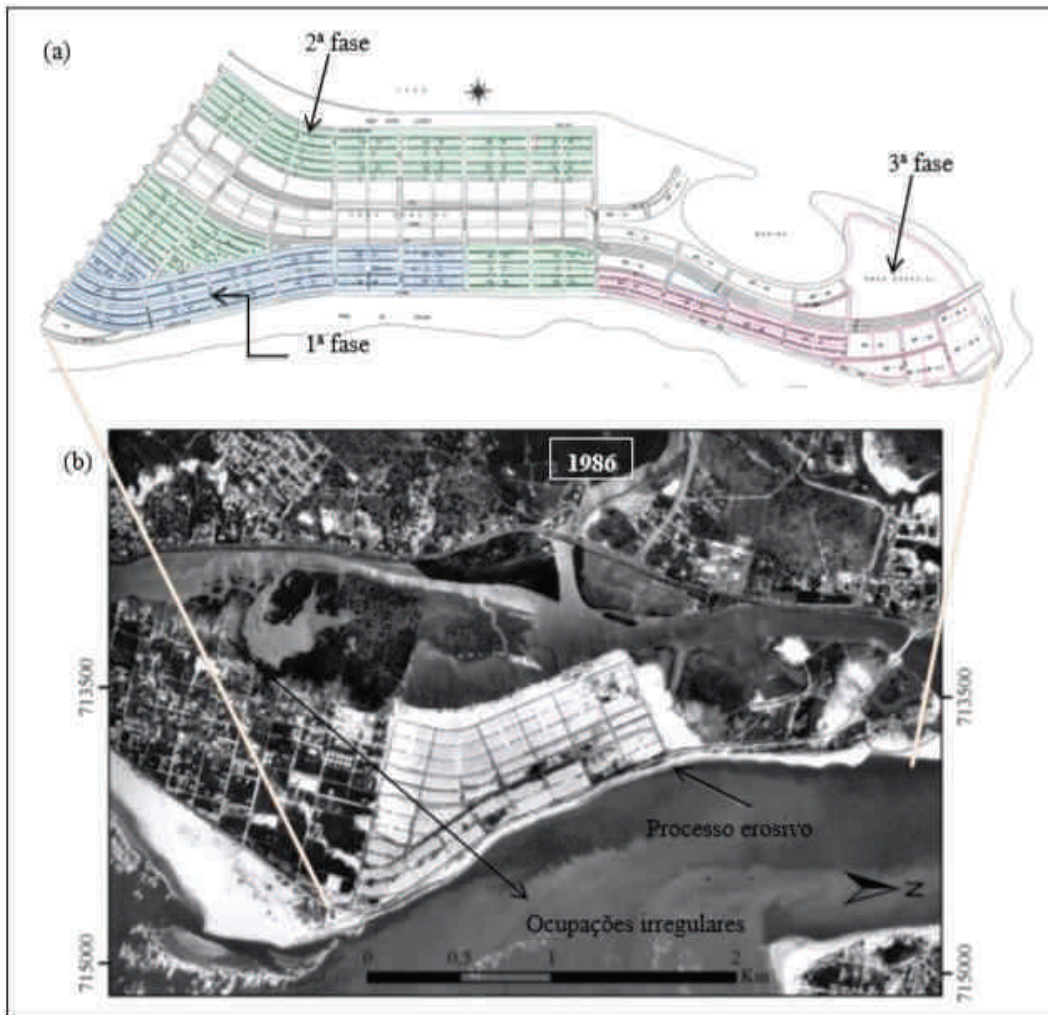
Figura: 38: Período de maior crescimento da urbanização dos bairros Coroa do Meio e Atalaia



Fonte: Santos 2012.

Nesse contexto de ocupação dos espaços para implementação dos bairros e infraestrutura, as unidades naturais da zona costeira foram subtraídas, com destaque para as dunas/interdunas que foram drasticamente afetadas. Com redução de aproximadamente 32% de território. A subtração dessa unidade geoambiental importante para a manutenção dos processos costeiros atuantes, trouxeram um desequilíbrio dos sistemas naturais, dando início a um novo padrão, que pode ser chamado de padrão “antropodinâmico”, onde os processos naturais a partir de então não comandam mais sozinhos a dinâmica do sistema estuarino da foz do rio Sergipe e processos inerentes do ambiente praial após as intervenções antropogênicas, a exemplo da urbanização em questão.

Figura 39 – Fases de implantação do Projeto de Urbanização para Coroa do Meio.



Em (a): Planta das três primeiras fases do projeto de urbanização da Coroa do Meio para a década de 1970. Em (b): Início da implantação do projeto na década de 1980.

Fonte: (a) EMURB (2002); (b) Fotografia aérea de 1986. Organização Mota (2017).

As transformações na estrutura geológica/pedológica dos últimos 30 anos no litoral do bairro Coroa do Meio, são decorrentes de dois processos de derivações: um fruto das transformações naturais inerentes da planície de maré do rio Sergipe por bancos arenosos coalescidos; e outro a partir da intensificação de modificações da paisagem por intervenções antrópicas, principalmente o aterramento que alterou os depósitos de origem natural (MOTA, 2018).

Segundo a EMURB (1985), os sucessivos aterramentos para a construção do bairro Coroa do Meio sob os canais de maré que agiam como um “quebra mar” natural, atuando na proteção natural da costa, consequentemente a velocidade das correntes de maré foram diminuídas evitando o transporte de sedimentos mais finos, induziram os processos erosivos que ocorreram no início da ocupação da Coroa do Meio na década de 1970.

Entre 1976 e 1977 foi construído um muro de contenção. No entanto, a ação marinha o destruiu. Em 1983 foi construído um novo muro de gabiões, mas em 1984 a ação marinha destruiu parte do muro e o restante encontrava-se em processo de destruição (SANTOS, 2012). Então em 1992 a PLANAVE desenvolveu um projeto para obras de contenção na desembocadura do rio Sergipe, determinando a construção de molhe com 1200 m de extensão no Pontal do Propriá na Barra dos Coqueiros e construção de espigões na praia de Atalaia, com ressalvas das possíveis ocorrência de novos episódios erosivos na Coroa do Meio.

O projeto foi concluído em 2000 e os primeiros eventos erosivos após a conclusão das obras, ocorreram em 2007 e 2008, com severa destruição de infraestrutura turística da praia dos Artistas (Figura 40). Em seguida a praia recuperou-se, mas em 2011 um novo evento erosivo ocorreu na praia da Coroa do Meio (WANDERLEY, 2006; ANDRADE ET. AL., 2010; SANTOS, 2012). Rodrigues (2008), acrescenta as influências das obras de contenção construídas no município da barra dos Coqueiros sob a dinâmica sedimentar na margem direita no bairro Coroa do Meio:

“O molhe na margem esquerda da desembocadura do rio Sergipe, no município de Barra dos Coqueiros, construído em 1990, vem aprisionando os sedimentos à montante do molhe, causando uma interrupção da deriva litorânea e conseqüentemente déficit sedimentar a jusante. Na margem direita do rio Sergipe, no bairro da Coroa do Meio, em Aracaju, foram construídos espigões, com o início das obras em 1990 e sua total conclusão em 2000, visando reter os sedimentos naquela região, ameaçadas de erosão em virtude da tentativa de migração do canal para sua antiga posição a SW. Esta erosão pode estar associada ao déficit de sedimentos causado pela construção do molhe na margem esquerda”. (RODRIGUES, 2008, p. 34)



Figura 40: Episódios severos de erosão na praia dos Artistas e Atalaia, entre 2007 e 2008

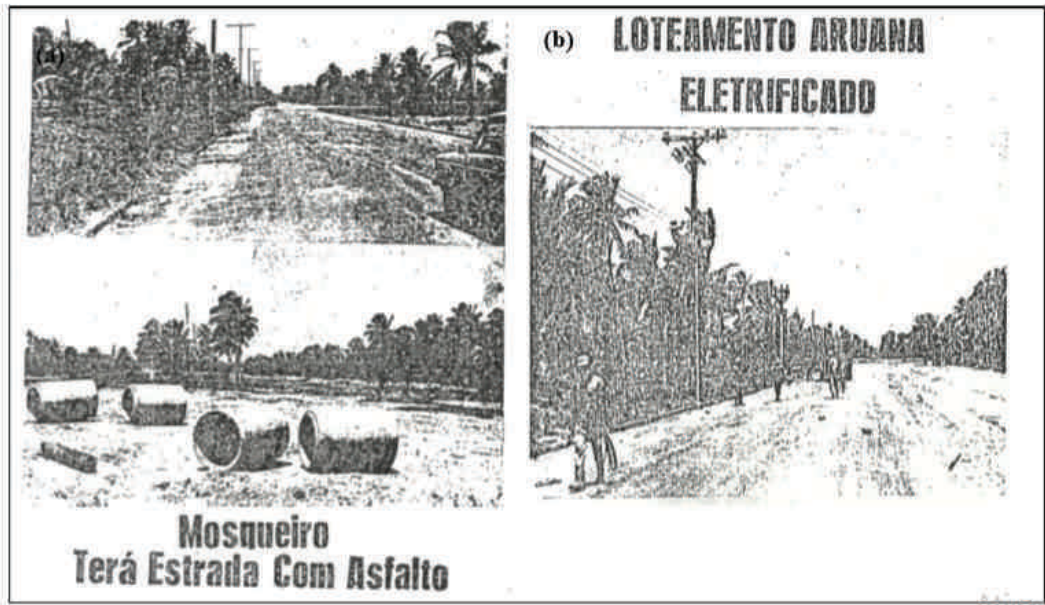


Em A e B: Destruição de parte praça de eventos da Orla de Atalaia; em C e D: destruição de bares na Orlinha da Coroa do Meio

Fonte: Fabio Martins Nascimento, adaptação Santos, 2012.

A partir da década de 1980, com a consolidação dos bairros Atalaia e Coroa do Meio a pressão da urbanização na faixa litorânea de Aracaju passou a migrar para sul do município, sua zona de expansão. As intervenções foram impulsionadas de acordo com o padrão anterior, pela ação do estado e agentes imobiliários. Foram implementados projetos de eletricidade e pavimentação, a finalização da rodovia dos Náufragos facilitou o loteamento da Aruana, Mosqueiro e arredores (MACHADO, 1989; VILLAR, 2010; MOTA, 2017) (Figura 41).

Figura 41: Ocupação da Zona de expansão de Aracaju



Fonte: Gazeta de Sergipe, 1979, Machado (1989) adaptação Mota 2017 apud Machado 1989

Na desembocadura do rio Vaza Barris ainda é possível encontrar vestígios de um muro de contenção destruído na margem esquerda (Figura 42A), assim como parte da rodovia José Sarney parcialmente destruída pela erosão (Figura 42B).

Figura 42: Intervenções na praia do Mosqueiro, margem esquerda do rio Vaza-Barris



Fonte: Silva, 2018.

Com a construção da rodovia José Sarney em 1986 e aumento da acessibilidade a área, ocorreu um crescimento do nível de ocupação nas proximidades da linha de costa na zona de expansão. Essa ocupação se deu principalmente por condomínios, casas e bares (VILAR, 2010). No entanto, a praia do Mosqueiro ainda preserva unidades da paisagem preservadas como; dunas, canais de maré, mangues e restinga. Essa característica ainda é possível pela baixa urbanização da área.

### 6.3 As Oscilações da Linhas de Costa das praias de Aracaju: O caso praia de Atalaia

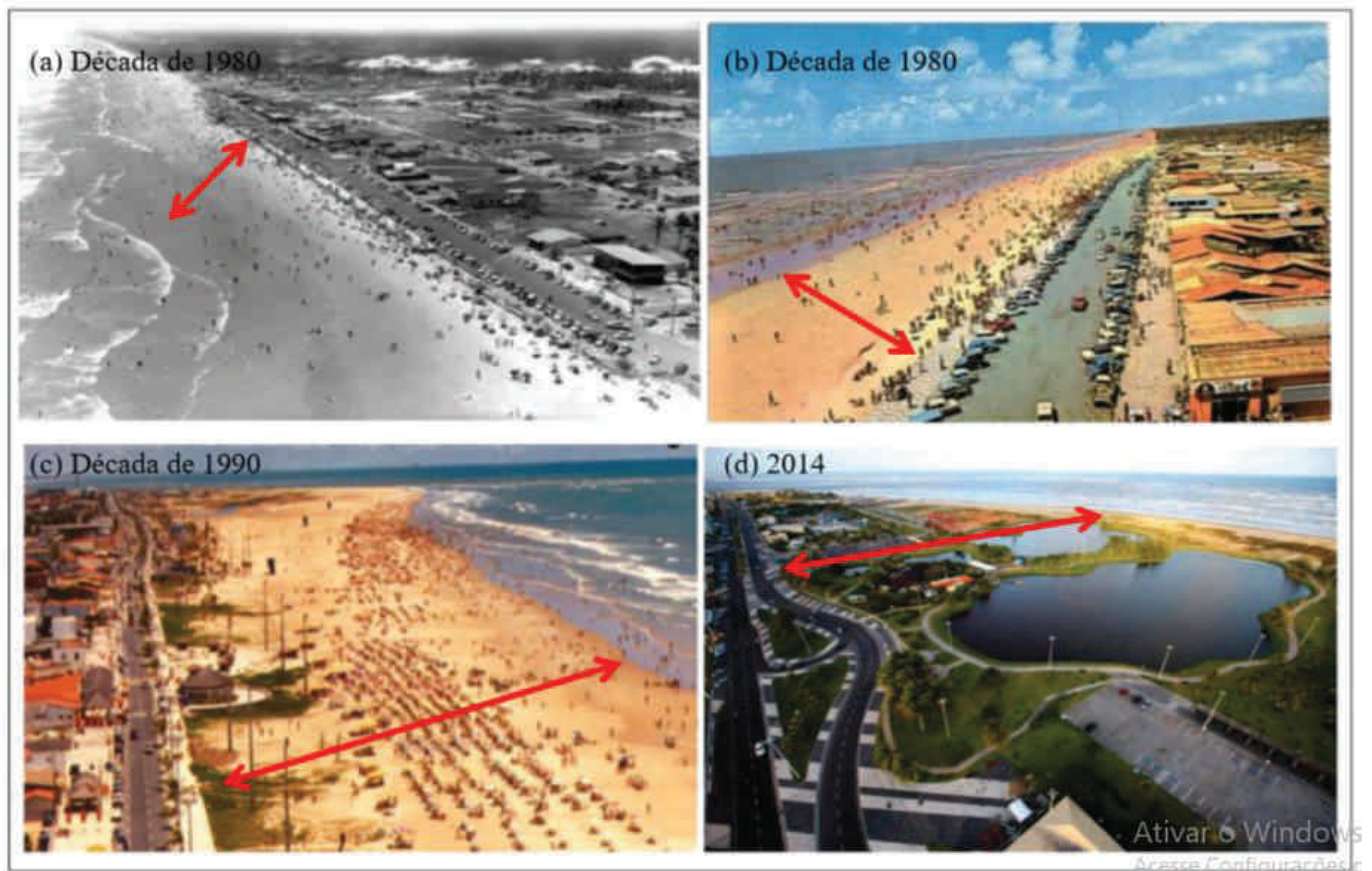
Dominguez (2018), enquadra a praia de atalaia sob o regime do delta de maré do rio Sergipe e classifica a praia como área de alta variabilidade, portanto, de ocorrência erosiva e



progradacional. De maneira geral, esse quadro proposto pelo autor coincide com os resultados obtidos nessa pesquisa apesar das diferenças na escala de trabalho.

A peculiar e imponente progradação da linha de costa na praia de Atalaia é a principal oscilação das últimas décadas no litoral aracajuano. O que se sabe então é que com o avanço da urbanização da frente litorânea, entre os anos 1965 e 1978 houve erosão, nas proximidades da desembocadura no bairro Coroa do Meio, com recuo de até 400 m. Paralelamente, ocorreu crescimento da faixa de areia em um pequeno setor da praia da Atalaia. Após esse período, as praias da Coroa do Meio mantiveram-se estáveis entre os anos de 1978 e 1986, enquanto a praia de Atalaia continuou o processo de progradação, com avanços de até 300 m a partir do ano de 1978. Entre os anos de 1986 e 2003, a linha de costa progradou aproximadamente 100 m na praia de Atalaia, distando cerca de 400 m da posição da linha de costa em comparação ao ano 1965 (MOTA 2017) (Figura 43).

Figura 43: Avanço da linha de costa na praia de Atalaia/Aracaju-SE.



Fonte: (a) Júnior Gomes, (b) flogão.com.br , (c) orladeatalaia.com.br , (d) Márcio Dantas; Organização Mota, 2017.

As oscilações da linha de costa ou mudanças na morfologia costeira podem ocorrer em escala de tempo instantânea (segundos, horas e dias), em escala de eventos (dias, meses, estações e anos), em macroescala (anos, décadas e séculos) ou em escala geológica (décadas, séculos e milênios). As intervenções humanas têm um papel preponderante na ocorrência de determinados fenômenos costeiros, podendo acentuar ou provocar alguns processos costeiros, modificando desta forma, a dinâmica natural da orla costeira. A Tabela 7 apresenta uma listagem de processos costeiros que ocorrem em diferentes escalas temporais, desde milênios até segundos.

Tabela 7 – Escalas temporais de ocorrência de alterações costeiras

Escala Temporal	Processos Humanos	Processos Costeiro
Milênios		Resposta do nível do mar aos ciclos glaciares e ao aquecimento global
Séculos	Estabelecimento de aglomerados costeiros e de modelos industriais	Formação e erosão de cabos; rotação de ilhas barreira
Décadas	Impactos de planos de engenharia e gestão costeira; poluição	Geração e perda de habitats
Anos	Impactos de planos de engenharia e gestão costeira; poluição	Deriva ao longo da costa; erosão e acreção de praias
Meses	Impactos do turismo; poluição	Variações sazonais; perfil de praia
Semanas	Impactos do turismo; trabalhos urgentes de protecção costeira; poluição	Perfil de praia; ciclos de maré
Dias	Trabalhos urgentes de protecção costeira; poluição	Tempestades e sobre-elevações extremas do mar; formação ou fecho de enseadas
Horas	Descargas de esgotos ou lixos	Ciclos de maré; tempestades e sobre-elevações extremas do mar e ventos
Minutos	Lixos	Ondas e correntes
Segundos		Transporte sedimentar (vento e água)

Fonte: Beatley et. al. 2002, adaptação Pereira, 2010.

No caso da praia de Atalaia as oscilações da linha de costa obedecem ao padrão médio proposto pela tabela, já que os significativos eventos progradacionais da faixa de areia ocorreram em cerca de oito anos aproximadamente. Período relativamente curto frente a considerável oscilação que foi de 400 m em direção ao mar.

De acordo com a literatura, em estudos realizados em toda parte do mundo, o crescimento desenvolvimentista das cidades litorâneas pelo avanço da urbanização e diversas intervenções com degradação ambiental das unidades naturais da paisagem costeira, resultam em eventos erosivos severos. Aracaju foge essa regra, pois o avanço da linha de costa na praia de Atalaia se deu paralelamente ao desenvolvimento da cidade e consequente pressão da urbanização sob a frete litorânea. Entre outras implicações, soma-se a urbanização o crescimento dos barramentos no curso do rio São Francisco e a diminuição das vazões médias do rio Sergipe, ou seja, mesmo com a diminuição da descarga sólida no sistema a praia de Atalaia avançou sobre o mar.

O que se pode induzir é que os severos eventos erosivos ocorridos anteriores a consolidação dos espigões da Coroa do Meio, podem ter fornecido os sedimentos que alimentaram a praia de Atalaia. Em contrapartida, entre os anos ao que parece, infelizmente não existem estudos comparativos entre as praias para o mesmo recorte temporal entre 1978-1968, mesmo com recuo equivalente ao avanço até o ano de 2003, parece claro que a área de recuo na Coroa do Meio é inferior ao avanço ocorrido a jusante para o mesmo período.

Provavelmente, os sedimentos fornecidos foram oriundos da erosão de aterramentos dos projetos urbanísticos implementados a época no bairro Coroa do Meio, somados aos sedimentos descarregados pelo rio Sergipe e transportados pela deriva litorânea. Parte dos sedimentos introduzidos no sistema pelo recuo na desembocadura podem ter sido depositados em bancos de areio na foz ou sido depositados na plataforma continental e foram sendo depositados gradativamente na praia ao longo dos anos.

Desde então, a praia de Atalaia apresentou eventos pontuais de erosão, mas de maneira generalizada encontra-se em aparente equilíbrio dinâmico, principalmente o setor mais ao sul, com unidades como as dunas frontais e vegetação bem consolidados, estas unidades confere resiliência frente aos eventos erosivos, com alta capacidade de recuperação da praia.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa abordagem integrada dos aspectos físicos e humanos, tem a pretensão de se aproximar ao máximo da complexidade dos problemas ambientais. Mostrando o homem como ser natural e social, pois dele decorrem as alterações e degradações dos sistemas naturais, ainda pouco estudadas. Esse contexto acaba gerando um complexo problema para os estudiosos atuais, que têm grande dificuldade para projetar cenários futuros de problemas ainda recentes na história geológica da terra.

Diante da forte antropogenia das regiões litorâneas no mundo todo, a linha tênue entre o natural e o artificial tem se tornado cada vez mais difícil de enxergar. Desde as interferências do homem na dinâmica da natureza, as respostas do ambiente levam em conta essas intervenções. Pode-se dizer ainda que tais respostas ou readaptações assumem uma postura “antropodinâmica” pós intervenção. Em razão de tal fato, é praticamente impossível estabelecer um cenário a partir do estudo apenas da dinâmica natural em litorais urbanizados.

Assim, as oscilações da linha de costa de Aracaju não necessariamente são uma resposta as readaptações do sistema natural diante das intervenções humanas. Mas sim a soma desses fatores e vetores, ou seja, as derivações antropogênicas podem ser no sentido de redirecionamento de ações e reações.

Dos 24 km, aproximadamente, de linha de costa do litoral aracajuano estudados, possuem certa variabilidade espaço-temporal, principalmente nas praias diretamente relacionadas a desembocadura dos rios Sergipe e Vaza-Barris. Além do mapeamento do físico da linha de costa, analisou-se a dinâmica costeira, considerando o comportamento espaço-temporal da LC frente a interação dos agentes naturais e antrópicos.

Para a integração dos aspectos físicos e humanos da paisagem, considera-se as geotecnologias ferramentas eficientes de monitoramento da LC, como foi realizado no trabalho através do DGPS *TRIMBLE R6*, pois permitem acompanhar o comportamento dinâmico do litoral, paralelamente as intervenções humanas no tempo e no espaço, para identificar trechos de progradação e erosão.

Por meio dessa metodologia, foi possível evidenciar cada trecho com alta precisão. Nas praias ao norte do litoral foi diagnosticado as maiores variabilidades, com 2,352 km de praia com um padrão progradacional no bairro coroa do Meio, com crescimento de 227 m da faixa de areia. Na praia de atalaia foi diagnosticado erosão de 20 m por 1,593 km de extensão.

No litoral centre, prevalece os trechos progradacionais e equilibrado. A exemplo da praia de Aruana, que apresentou um avanço da LC por 6,008 km. E outro trecho que se estende até a praia do Mosqueiro com um padrão predominantemente equilibrado com 9.036 km de extensão. E na porção sul do litoral, prevalece a progradação, mas com um pequeno trecho de 0,201 km na foz do Vaza-Barris.

Portanto, atendendo ao objetivo desse trabalho, conclui-se que a tendência geral da linha de costa do litoral de Aracaju nos últimos cinco anos é equilibrada e progradacional. Essa tendência também pôde ser atestada pela comparação evolutiva dos geoindicadores da linha de costa, que transitaram da escarpa de praia, também geodificador erosivo, para a linha de preamar.

As causas para essas oscilações, foram atribuídas a fatores naturais e humanos. Dentre as causas naturais, destaca-se os agentes flúviomarinheiros do delta de maré vazante tanto no rio Sergipe como no Vaza-Barris. Além desses, pode-se destacar também pontos de divergências no transporte de sedimentos no litoral. Os fatores humanos principais referem-se as obras de proteção costeira implementadas e a urbanização.

A negligência quanto a aplicabilidade dos conhecimentos acerca dos elementos que regem a dinâmica costeira, tem trazido uma série de prejuízos econômicos, paisagísticos e culturais para as cidades litorâneas ao longo de toda a costa brasileira. No caso da área de estudo em questão, pode-se destacar o caso da rodovia José Sarney, destruída parcialmente anos após sua construção, praia dos Mosqueiro.

As consequências dos processos de oscilações da LC, foram abordadas conforme um recorte histórico das principais intervenções durante o processo de ocupação do litoral. Destacando os principais impactos, que vão desde impactos negativos como prejuízos sociais e econômicos, decorrentes dos processos erosivos, e impactos positivos como a progradação da praia de Atalaia que hoje é o principal espaço de lazer e turismo do município.

Diante do crescente processo de urbanização do litoral de Aracaju, se estendendo para regiões que até então mantiveram preservadas suas características naturais, surge a necessidade, cada vez mais urgente, de estudos que demonstrem os erros cometidos em áreas já ocupadas. Estudos que sirvam de guia ao desenvolvimento sustentável de sua zona de expansão, de maneira que possa se manter a dinamicidade da zona costeira do município, para que erros passados não se repitam, preservando também o valor patrimonial de futuras ocupações, evitando perdas socioeconômicas por processos erosivos e/ou alagamentos futuros.

Portanto, o direcionamento do trabalho em litorais já urbanizados deve ser na conciliação de interesse. Na tentativa de compreender as diferentes necessidades dos atores envolvidos. Sempre visando descobrir meios de transformar as práticas tradicionais e insustentáveis em novas práticas que valorizem os processos naturais, mantendo sua dinamicidade.

Sendo assim, espera-se ainda que os dados espaciais dessa pesquisa auxiliem investigações futuras, aumentando a representatividades dos dados.

A impossível condição de retornar à natureza intocada no litoral altamente urbanizado, não deve impedir esforços para recuperar o mínimo que seja do ambiente natural, e na medida do possível, reverter tendências de perdas ambiental.

Fica claro, o quanto é fundamental realizar um monitoramento contínuo da dinâmica da LC na área, para fornecer subsídios que possam auxiliar as políticas públicas no planejamento do projeto urbanístico consciente. E para que evitem a ocupação de determinadas áreas, minimizando os efeitos danosos da relação mal planejada do meio físico e antrópico nas praias de Aracaju.

## REFERÊNCIAS

- ALBINO, J. **Processos de Sedimentação Atual e Morfodinâmica das Praias de Bicanga à Povoação – ES**. Doutorado em Ciências. São Paulo, 1999.
- ANDRADE, L. G. A. **O Espaço Público da Praia: Reflexões Sobre Práticas Cotidianas e Democracia no Porto da Barra em Salvador**. 138 f. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal da Bahia. Salvador/BA: UFBA, 2015.
- ARAUJO, H. M. **Elementos Componentes do Sistema Ambiental Físico de Aracaju**. In: ARAUJO, H. M. de.; VILAR, J. W. C.; WANDERLEY, L. de L.; SOUZA, R. M. (Org.). **O Ambiente Urbano, Visões Geográficas de Aracaju**, São Cristóvão: departamento de Geografia, Universidade Federal de Sergipe, 2006.
- BAPTISTA, P.; BASTOS, L.; GRANJA, H. M.; GAMA, C. & BERNARDES, C. **Methodological Approaches to Shoreline Assessment: Short-Term Analysis of Beach Erosion Rates**. In: Abstract submitted to XIX International Symposium on GIS and Computer Cartography for Coastal Zone Management (CoastGIS). Santander, Spain, 2007.
- BITTENCOURT A.C.S.P., Martin L., Dominguez J.M.L., Ferreira Y.M.A. Evolução Paleogeográfica Quaternária da Costa do Estado de Sergipe e da Costa Sul do Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geociências**, p.: 93-97, 1983.
- BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; OLIVEIRA, M. B. **Sergipe**. In: Muehe, D. (Org.). **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente. P. 214-218, 2006.
- BITTENCOURT, A. C. S. P.; LIVRAMENTO, F. C.; DOMINGUEZ, J. M. L.; SILVA, I. R. Tendência de Longo Prazo à Erosão Costeira num Cenário Perspectivo de Ocupação Humana: Litoral Norte do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 40, n. 1, mar. P. 125-137, 2010.
- BIRD, E. C. F. **Coast**. The Massachusetts Institute of Tcnology, p. 246, 1970.
- BIRD, E.C.F. Recent Changes on the World's Sandy Shorelines. In: BIRD, E.C.F & KOIKE, K. (eds). **Coastal Dynamics and Scientific Sites**: 5-30. Departament of Geography, Kowazawa University, Japan, 1981.
- BIRD, E. **Coastal Geomorphology: an introduction**. Second Edition, p. cm. Jonh Wiley & Sons, Ltd. Geostudies. 2008.
- BLANC, J. P. Centro International de Investigação de Recursos Costeiros (CIRC) in Coastal Guide, 2000.
- BOLETIN, **Ciência Geodésica**, Curitiba V. 17, nº4, p.571-585, out-dez, 2011.
- BOAK, E. H. & TURNER, I. L. Shorelina Definition and Detection: A Review. **Jounal of Coastal Research**, v. 21, n. 4, p. 688-703, 2005.

BOWN, J.; COLLING, A.; PARK D.; PHILIPES, J.; ROTHERY, D.; WRIGHT, J. **Waves, Tides and Shallow-Water Processes**. Oxford: Pergamon Press-Open University. 187p. 1991.

BOTO, A., BERNARDES, C. A. e DIAS, J. A. - **Erosão litoral e recuo da linha de costa entre a Costa Nova e a Praia do Areão, Portugal**. “Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal”, p.449-467, Associação Eurocoast-Portugal, Porto. 1997.

BUSH, D. M. et al. Utilization of geoindicators for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation. **Ocean and Coastal Management**, v. 42, n. 8, p. 647-670, ago. 1999.

CARTER, R. W. **Coast environments**, ed. 1. Academic Press, Londres. 1988.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 341, de 25 de setembro de 2003. **Uso e ocupação dunas na Zona Costeira**. Brasília, DF: 2003.

DECRETO Nº 13.468, de 21 de janeiro de 1993: **Institui a Área de Proteção Ambiental do Litoral Sul do Estado de Sergipe**. Governo do Estado de Sergipe, 1993.

DIAS, J. A. **Evolução da Zona Costeira Portuguesa: Forçamentos Antrópicos e Naturais**. Revista Encontros Científicos - Turismo, Gestão, Fiscalidade, 1:7-27, Faro, 2005.

DINIZ, M. T. M.; VASCONCELOS, F. P.; OLIVEIRA, G. P. **Geografia costeira do Nordeste: bases naturais e tipos de uso**. Curitiba: CRV, 2016.

DOMINGUEZ J.M.L.; BITTENCOURT A.C.S.P.; MARTIN L. **Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: roles of sealevel history, trade winds and climate**. Sedimentary Geology, 80: 213-232, 1992.

DOMINGUEZ, J. M. L. et al. Alagoas, Sergipe e Bahia. In: **Muehe, D. (Org.). Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente. P. 383-431, 2018.

FARIAS, E. G. G. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do Estado do Ceará**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

FONSECA, V.; SANTOS, M.A.N.; VILAR, J.W.C. Reestruturação territorial do Litoral de Sergipe. In: VILAR, J.W.C., ARAUJO, H.M. (org). **Território, Meio Ambiente e Turismo no Litoral Sergipano**. São Cristóvão: Editora UFS, 2010.

GOMES, V. F. **Algumas Reflexões sobre a Problemática das Obras de Protecção Costeira**. In: II Simpósio Sobre a Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Moinho ao Liz, Porto, Portugal, 1991.

HARDISTY, J. **Beaches: Form and Process** ed: Unwin Hyman 321p. 1990.

HOLANDA, F. R. S. et al. Controle da Erosão em Margens de Cursos D'água: das Soluções Empíricas à Técnica da Bioengenharia de Solos. **Revista RA'EGA**, n. 17, p. 93-101, Curitiba, Brasil, 2009.



IBGE. **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2016. Cidades. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: junho. 2017.

JESUS, L.V. **Dinâmica das praias (Artistas e Atalaia) e da linha de costa contígua à desembocadura do rio Sergipe**, Aracaju, Sergipe. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.

KING, C. A. M. **Beaches and Coasts** 2º ed [S.I]: Edward Arnold, 570p. 1972.

KOMAR, P. D. **Beach Process and Sedimentation** 1º ed. [S.I] Prentice Hall, 1976.

LEI Nº 2.795, de 30 de março de 1990: **Define Áreas de Proteção Ambiental da Foz do Rio Vaza-Barris**. Governo do Estado de Sergipe, 1990.

MACHADO, E.V. **Aracaju: “Paisagens e Fetiches”. Abordagens acerca do processo de seu crescimento urbano recente**. Dissertação de Mestrado. UFSC, Santa Catarina, 1989.

MALLMANN, D.; PONTES, P.; ARAÚJO, T. Vulnerabilidade. In: **Monitoramento Ambiental Integrado – MAI**. Recife, BR: v. 3, p. 12-82, 2009.

MARTINS, K. A. et al. Determinação da Erosão costeira no Estado de Pernambuco através de Geoindicadores. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V. 17, nº 3, 2016.

MENEGUCCI, J. J. **Metodologia para Correção de Maré em Levantamentos de Linha de Costa com DGPS-RTK: Estudo de Caso na Enseada do Itapocorói, Santa Catarina, Itajaí-SC**. 2011.

MENEZES, R. S. **Dinâmica Ambiental e Derivações Antropogênicas na Planície Costeira Entre as Desembocaduras dos Rios Sergipe e Vaza-Barris**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

MENEZES, A. F. et al. Análise da Vulnerabilidade à Erosão Costeira Através de Geoindicadores nas Praias de Piedade e Paiva (PE), Brasil. **Revista Geociências**. V 37, n. 2, p. 455-465, UNESP, São Paulo, 2018.

MORTON, R. A. **Gulf Shoreline Movement Between Sabine Pass and the Brazos River, Texas: 1974 to 1996**. Bureau of Economic Geology Noel Tyler, Director the University of Texas at Austin. Austin, Texas 1997.

MOTA, L. S. O; SOUZA, R. M. Mudanças ambientais na zona costeira: Perigo, vulnerabilidade e Riscos associados. In: SOUZA, R.M., SANTOS, S.S.C., SANTOS, E.A., KOHLER, R. (orgs). **Cenários Urbanos: Riscos e Vulnerabilidade na Gestão Territorial**. Aracaju: Criação Editora, 2016.

MOTA, L.S.O. **Avaliação Geoecológica e dos riscos Ambientais na Paisagem Costeira De Aracaju/SE**. 330 f. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2017.

MOTA L. S. O.; SOUZA R. M. Análise evolutiva e caracterização dos depósitos tecnogênicos associados ao bairro Coroa do Meio, Aracaju/SE, 2018. **Quaternary and Environmental Geosciences** 09(2):01-09, 2018.

MMA/GERCO, **Perfil dos Estados Litorâneos do Brasil: subsídios à implantação do Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro**. Brasília, 1995.

MUEHE, D. **Geomorfologia Costeira**. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (eds). *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Rio de Janeiro: Bertarard Brasil, p. 253-308, 1995.

MUEHE, D., **Crítérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento**., Rio de Janeiro, 2001.

MUEHE, D., Erosão costeira, mudança do clima e vulnerabilidade. In: GUERRA, A. J. T; JORGE, M. C. O. (Org.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

MUEHE D. E OLIVEIRA K. L.; Deslocamento da Linha de Costa *Versus* Mobilidade praial. **Quaternary and Environmental Geosciences**, 05(2): 121-124, 2014.

NOGUEIRA, A.D. **Análise Sintático-Espacial das Transformações Urbanas de Aracaju (1855-2003)**. Tese de Doutorado. UFBA, Salvador, 2004.

NORDSTROM, K.F. **Recuperação de praias e dunas**. [Tradução por Silvia Helena Gonçalves]. 1ª Ed. São Paulo. Editora: Oficina de Textos. 263p. 2010.

OLIVEIRA M.B. **Caracterização integrada da linha de costa do Estado de Sergipe – Brasil**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 102 p. 2003.

OLIVEIRA, L.S. **Evolução da Paisagem da Zona de Expansão de Aracaju/SE**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012.

PAJAK, M.J. and LEATHERMAN, S.P. The high water line as shoreline indicator. **Journal of Coastal Research**, 18(2), 329–337, 2002.

PEREIRA, C. A. S. **Riscos de Erosão para diferentes cenários de evolução do litoral de Aveiro**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro/Portugal, 2010.

PHILLIPS, M. R.; JONES, A. L. Erosion and tourism infrastructure in the coastal zone: Problems, consequences and management. **Tourism Management**, v. 27, n. 3 p. 517-524, 2006.

ROCHA, C. P.; ARAUJO, T. C. M. & MENDONÇA, F. J. B. Aplicação de Metodologia Alternativa para Localizar e Monitorar Linhas de Costa Usando Técnicas de Posicionamento

pelo GNSS: Um estudo de Caso na Praia de Saguauí, Nordeste do Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 9, n. 1, p. 93-108, 2009.

ROCHA, T. B. et al. Avaliação dos critérios morfodinâmicos para a fase de diagnóstico do projeto orla: um estudo de caso em praias arenosas com desembocaduras fluviais. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, 25 (2): 333-348, 2013.

RODRIGUEZ, J. M. M. (org.). **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Universidade federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

RODRIGUES T. K. **Análise das Mudanças da Linha de Costa das Principais Desembocaduras do Estado de Sergipe, com Ênfase no Rio Sergipe**. Dissertação de Mestrado, 79f. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

RODRIGUES T. K. **Impacto das Mudanças Climáticas na Zona Costeira do Município de Aracaju-se: Estudo de Caso Utilizando o SMC (sistema de modelagem costeira)**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

SANTOS. G.C. **Dinâmica da paisagem costeira da Coroa do Meio e Atalaia – AracajuSE**. Dissertação de Mestrado. Núcleo de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal de Sergipe. 2012.

SANTOS, L. A. **Geomorfologia e quaternário do Rio Vaza-Barris, Nordeste, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.

SANTOS, M. S. T.; AMARO, V. E. **Rede Geodésica para Monitoramento Costeiro do Litoral Setentrional do Estado do Rio Grande do Norte**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Geologia, 2011.

SANTOS, R.C.A.L. **Evolução da Linha de Costa a Médio e Curto Prazo Associada ao Grau de Desenvolvimento Urbano e aos Aspectos Geoambientais na Planície Costeira de Maceió-Alagoas**, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004

SERGIPE (Estado). **Lei nº2.795** de 30 de março de 1990.

SILVA, D.S. **A erosão nas praias de Aracaju e suas implicações para a gestão Costeira**. Monografia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

SILVA, I. R. **Ambientes Costeiros**. In: SILVA, A. J. C. L. P., ARAGÃO, M. A. N. F., MAGALHÃES, A. J. C. (orgs). **Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil**. São Paulo, Beca-BALL Edições, 2008.

SILVA M.G. **Geoindicadores de erosão e acumulação das praias do município de Aracaju – Sergipe**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 71p, 2014.

SIRHSE, **Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do Estado de Sergipe**. Disponível em < <http://sirhse.semarnh.se.gov.br/sirhse/> > Acesso em junho de 2017.

SOUZA, M. J. N. O Litoral Leste do Estado do Ceará: Potencialidades e Limitações de Uso dos Recursos Naturais das Unidades Geoambientais. In: **O Ceará enfoques Geográficos**. Organização de Zenilde Baima Amora. Fortaleza-FUNECE, 1999.

SOUZA C. R. DE G. **As Células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias de Estado de São Paulo**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências-USP. Volume I (Texto), 184p.; Volume II, 174p, 1997.

SOUZA, C.R. de G.; SOUZA FILHO, P.W.M.; ESTEVES, SL.; VITAL, H. DILLENBURG, S.R.; PATCHINEELAM, S.M. & ADDAD, J.E. Praias Arenosas e Erosão Costeira. In: C.R. de G. Souza et al. (eds.). **Quaternário do Brasil**. Holos, Editora, Ribeirão Preto (SP). P. 130-152, 2005.

SOUZA, C. R. de G.; LUNA, G. da C. Taxas de Retrogradação e Balanço Sedimentar em Praias sob Risco muito alto de erosão no Município de Ubatuba (Litoral Norte de São Paulo). **Quaternary and Environmental Geosciences**. 01(1): 25-41, 2009.

MELO E SOUZA R.; SANTOS G. C. Evolução recente das planícies de marés nas desembocaduras dos rios Sergipe e Vaza Barris, Sergipe. **Caderno de Geografia**, v.26, número especial 2, 2016.

SOUZA, W. F. **Sensoriamento Remoto e SIG Aplicados à Análise da Evolução Espaço-temporal da Linha de Costa do Município de Icapuí, Ceará-Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Sedimentar e áreas afins**, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998.

THUMAR, H. V. **Introductory Oceanography**, Mawell Maemillan International, New York, 1994.

TRIMBLE. *GPS Tutorial*. Trimble Navegation Limited (2013). Disponível em: <http://www.trimble.com\gps\dgps.shtml> Acesso em: 20 de março de 2013.

VILAR, J.W.C. A Zona de Expansão de Aracaju: Contribuição ao Estudo da Urbanização Litorânea de Sergipe. In: VILAR, J.W.C.; ARAÚJO, H.M. de. **Território, Meio Ambiente e Turismo no Litoral Sergipano**. São Cristóvão: Ed. UFS, 2010.

WANDERLEY, L. L. Paisagem da janela: esse nosso inconstante rio Sergipe e a evolução de sua Foz. In: ALVES, J.P.H. (Org.) **Rio Sergipe: importância, vulnerabilidade e preservação**/ Organização de José do Patrocínio Hora Alves. Aracaju-SE: Ós Editora. p. 167-194, 2006.